



5 1976 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

«Широкое международное сотрудничество становится все более необходимым для обеспечения мира, справедливого урегулирования международных конфликтов, упрочения безопасности и осуществления практических шагов по разоружению. Оно необходимо, чтобы двинуть вперед дело установления новых, справедливых международных экономических отношений. Такое сотрудничество содействовало бы также решению таких сложных и коренных проблем, как проблемы голода в мире, неграмотности, защиты окружающей среды, загрязнения атмосферы и морей, освоения и использования новых источников энергии, предотвращения стихийных бедствий, профилактики и лечения наиболее опасных болезней».

«...Прошло более трех десятилетий со дня Великой Победы над фашизмом. Превращение Европы в континент прочного мира станет лучшим памятником всем тем, кто боролся и отдал свою жизнь за эту победу. Участвующие в берлинской конференции коммунистические и рабочие партии убеждены, что претворение в жизнь поставленных на их встрече великих целей отвечает интересам всех народов и явится важным вкладом в дело мира, национальной независимости, демократии и социализма на всей нашей планете.»

(Из итогового документа «За мир, безопасность, сотрудничество и социальный прогресс в Европе», принятого 30 июня 1976 года в Берлине на Конференции 29 коммунистических и рабочих партий Европы)

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

5 СЕНТЯБРЬ ОКТАБРЬ 1976 И ЗЕМЛЯ ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

В. Л. Гинзбург — Астрофизика высоких энергий	4
Д. Я. Мартынов — Черты прогресса в астрономии XX века	14
Г. Е. Кочаров, С. В. Виктор, В. И. Чесноков — Спектрометр РИФМА-М на Луне	23
Л. Э. Гуревич, Э. Б. Глинер — Пространство, время и геометрия	29
А. Н. Серов, В. И. Фокин — Проблемы создания венерианских аппа- ратов	41
А. Ф. Бессонов — Индустрия на орбите	46
Г. Н. Петрова — Постоянно ли геомагнитное поле!	53
А. В. Николаев — Сейсмическое просвечивание Земли	57
Б. В. Комберг — Два новых спутника нашей Галактики!	63
ЛЮДИ НАУКИ	
П. Г. Куликовский — Павел Петрович Паренаго	66
ЭКСПЕДИЦИИ	
В. Г. Корт, Е. Г. Морозов — «Академик Курчатов» в Норвежском море	71
Е. Л. Кринов — Железный дождь	75
АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
М. Л. Дивинский — Научные конференции школьников Киева и эффек- тивность астрономического образования	81
В. А. Гаген-Торн — СПАК продолжает свою работу	82
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
Д. Кулин — Любительская астрономия в Венгрии	83
ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ	
И. И. Неяченко — Лебедь	88
КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ	
В. А. Рудов — 15 лет подвигу Юрия Гагарина	89
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
А. П. Захаров, Г. А. Скуридин — Космические исследования и меж- дународное сотрудничество	92
ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	94
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ	

В полете «Союз-21» (2); Климат Центральной Антарктиды за 50 тысяч лет (38); Окись углерода в соседней галактике (40); Калий в облаках Ио (40); Протонная вспышка и земная атмосфера (40); Почему вспыхивают рентгеновские новые (52); Гигантский взрыв в созвездии Ориона (52); Астрономы чтят память П. П. Паренаго (68); Исследование рентгеновской Новой (70); Новый класс рентгеновских источников (70); Землетрясение в каменоломне (70); Об озоне (70); Астрономические кружки в Венгрии (86); Флора и фауна в пермскую эпоху (87); Ледниковый период: предвидится или нет! (87); Повторная вспышка рентгеновской Новой (88); Новые книги (93); Лунная пыль и земное оледенение (96).

На обложке: 1-я стр. — Аллегорическое изображение Природы. На развертывающемся свитке — чертеж, иллюстрирующий аксиому Н. И. Лобачевского. (К статье Э. Б. Глинера и Л. Э. Гуревича.)

4-я стр. — Античные часы — клепсидра. Вода медленно вытекает из сосуда, рейка с делениями опускается, показывая «протекшее время». Эти водяные часы символизируют роль, которую играет измерение времени в четырехмерной геометрии. (К статье Э. Б. Глинера и Л. Э. Гуревича.)

В полете «Союз-21»

В соответствии с программой исследований в околоземном космическом пространстве 6 июля 1976 года в 15 часов 09 минут московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск космического корабля «Союз-21», пилотируемого экипажем в составе командира корабля Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР полковника Волынова Бориса Валентиновича и бортинженера подполковника-инженера Жолобова Виталия Михайловича.

Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Борис Валентинович Волынов родился в 1934 году в Иркутске. После окончания Волгоградского военного авиационного училища служил в авиационных частях Советской Армии. В отряд космонавтов Б. В. Волынов зачислен в 1960 году. Неоднократно был дублером командиров космических кораблей. В 1968 году без отрыва от работы в Центре подготовки космонавтов он успешно окончил Военно-воздушную инженерную академию имени Н. Е. Жуковского. Свой первый космический полет Борис Валентинович совершил в январе 1969 года в качестве командира корабля «Союз-5». Б. В. Волынов — член Коммунистической партии Советского Союза с 1958 года.

Виталий Михайлович Жолобов родился в 1937 году в селе Збурьевка Херсонской области. После окончания Азербайджанского института нефти и химии в 1959 году стал офицером Советской Армии. Работал инженером-испытателем в различных войсковых частях. В отряд космонавтов Виталий Михайлович был зачислен в январе 1963 года. Прошел полный

курс подготовки к космическим полетам, был дублером бортинженера орбитальной научной станции «Салют-3». В. М. Жолобов — член Коммунистической партии Советского Союза с 1966 года. В 1974 году без отрыва от работы в Центре подготовки космонавтов он успешно окончил Военно-политическую академию имени В. И. Ленина.

7 июля 1976 года в 16 часов 40 минут московского времени осуществлена стыковка транспортного корабля «Союз-21» со станцией «Салют-5», выведенной на околоземную орбиту 22 июня 1976 года. После перехода космонавтов Б. В. Волынова и В. М. Жолобова в помещение станции на околоземной орбите стала функционировать пилотируемая научная станция «Салют-5». Экипаж орбитальной станции «Салют-5» приступил к выполнению программы полета.

Программа работы экипажа орбитальной научной станции предусматривает:

- исследование геолого-морфологических объектов земной поверхности, атмосферных явлений и образований с целью получения данных в интересах народного хозяйства;

- исследование физических процессов и явлений в космическом пространстве;

- проведение технологических экспериментов в условиях невесомости;

- медико-биологические исследования;

- испытания бортовых систем и аппаратуры станции.

После перехода на борт орбитальной научной станции «Салют-5» космонавты приступили к расконсерва-

ции и проверке научной аппаратуры. Экипаж дал высокую оценку оборудованию и поддерживаемым в герметических отсеках комфортным условиям. В помещении станции поддерживается температура $+22^{\circ}\text{C}$ и давление 840 мм рт. ст. Уже к концу своего второго рабочего дня на станции «Салют-5» космонавты приступили к проведению биологических экспериментов (наблюдение и киносъемка рыбок группы в условиях космического полета).

На борту станции установлен прибор для измерения массы космонавтов в невесомости. Космонавты подготовили этот прибор к работе и будут контролировать свой «вес» во время полета.

11 июля космонавты провели калибровку ручного спектрографа, предназначенного для исследования земной атмосферы и природных образований на поверхности Земли в интересах решения народнохозяйственных задач. В основном экипаж завершил все операции по подготовке к работе научной аппаратуры и оборудованию станции. К этому времени параметры орбиты станции были:

- расстояние в апогее — 281 км;
- расстояние в перигее — 269 км;
- период обращения — 89,8 мин.;
- наклонение орбиты — $51,6^{\circ}$.

12 июля экипаж осуществил спектрографирование отдельных районов земной поверхности и сумеречного горизонта Земли. Эти эксперименты проводятся с целью исследования природных ресурсов и изучения вертикального распределения компонентов, входящих в состав атмосферы. В телевизионном репортаже с борта космонавты рассказали

о работе с ручным спектрографом.

В комплекс медицинских исследований входили эксперименты по определению пороговой чувствительности вестибулярного аппарата к электрическим раздражителям в условиях невесомости. Материалы этих измерений необходимы для совершенствования методов отбора и тренировки космонавтов. Для исследования функции кровообращения в условиях космического полета космонавты использовали многофункциональную клиническую аппаратуру, позволяющую регистрировать данные о работе сердца, тоне сосудов, осуществлять контроль за дыханием.

13 июля экипаж приступил к выполнению программы технологических экспериментов. Целью одного из них — эксперимента «сфера» — исследование процессов плавления и затвердевания жидкого металла в условиях невесомости. После включения специальной установки металлическая заготовка из висмута, свинца, олова, кадмия направляется в зону, где происходит плавление, а затем расплавленный металл выталкивается в замкнутый объем. Находясь в свободном состоянии, жидкие образцы под действием сил поверхностного натяжения приобретают форму идеальных сфер и затвердевают. В дальнейшем образцы подвергнутся всесторонним лабораторным металлографическим исследованиям на Земле.

Космонавты начали медицинские исследования с использованием функциональных нагрузочных проб. Проведено полное электрокардиографическое обследование космонавтов в состоянии покоя и во время бега на дорожке комплексного тренажера.



По данным телеметрической информации и докладам космонавтов, состояние здоровья и самочувствие обоих членов экипажа хорошее.

Медицинские эксперименты продолжались и на следующий день. Космонавты исследовали деятельность сердечно-сосудистой системы, измеряли параметры дыхания и температуру тела. Клинический контроль за функцией сердца и дыханием осуществлялся многофункциональной аппаратурой «Полином-2М» и закрепляемыми на теле электродами и датчиками. Сравнивая полученные данные с результатами проведенных ранее наземных обследований, космонавты могли сами объективно оценивать и прогнозировать состояние здоровья. С помощью находящегося на борту станции автономного микроанализатора для изучения в ходе полета различных составляющих крови космонавты брали друг у друга пробы крови. Эти пробы впоследствии будут возвращены на Землю для точного количественного и качественного анализа.

15 июля экипаж приступил к выполнению технологического эксперимен-

та «Кристалл» (исследование особенности роста кристаллов в условиях невесомости). В кристаллизаторы с водным раствором алюмокалиевых квасцов космонавты ввели в раствор затравочные кристаллы. Эксперимент рассчитан на несколько суток. Затем кристаллы, образовавшиеся в невесомости, будут возвращены на Землю для анализа и сравнения с аналогичными кристаллами, выращенными в земных условиях. По программе медицинских экспериментов космонавты определяли изменения своих вкусовых ощущений под влиянием факторов космического полета, используя набор индикаторов вкусовой чувствительности, подобранных по возрастанию концентрации соленых, горьких, кислых и сладких веществ. Эксперимент проводится с целью дальнейшего совершенствования рационов и режимов питания экипажей орбитальных станций и космических кораблей.

(Продолжение в следующем номере)

*Борис Валентинович Волянов
Виталий Михайлович Жолобов*

4 октября 1976 года исполняется 60 лет академику Виталию Лазаревичу Гинзбургу — одному из крупнейших советских ученых, пользующемуся широкой мировой известностью. Его перу принадлежит около 300 научных работ (в том числе примерно десять монографий) по различным вопросам теоретической физики и астрофизики. В далеко не полный список научных областей, которыми занимался и продолжает заниматься В. Л. Гинзбург, входят квантовая электродинамика и теория элементарных частиц, теория конденсированных сред (твердое тело, сверхпроводимость и сверхтекучесть), теория излучения и оптика этих сред, теория плазмы и распространения электромагнитных волн в плазме и ионосфере, теория происхождения космических лучей, астрофизика и общая теория относительности.

Читатели «Земли и Вселенной» хорошо знают В. Л. Гинзбурга как одного из основоположников теории радиоизлучения Солнца, а также теории космического магнитотормозного радиоизлучения и связанной с ней галактической концепции происхождения космических лучей. Эти работы, несомненно являющиеся гордостью отечественной и мировой астрономии, положили начало исследованиям В. Л. Гинзбурга и в других областях астрофизики, включая внегалактическую астрономию, общую теорию относительности и космологию. Виталий Лазаревич первым начал анализ коллапса магнитной звезды, который привел к установлению ряда важнейших свойств таких необычных объектов, как черные дыры, и стимулировал возникновение новых представлений о природе активности квазаров и ядер галактик. Им было начато и первое детальное теоретическое изучение физических условий в межгалактической среде, которое дало толчок многим работам о физических процессах в межгалактической среде и появлению новых теорий образования галактик и их систем.



Актуальнейшие проблемы современной астрономии всегда в сфере интересов В. Л. Гинзбурга. Сразу после открытия пульсаров он приступил к анализу механизма их радиоизлучения. Работы по гамма- и рентгеновской астрономии Виталий Лазаревич также начал одновременно с возникновением этих интереснейших разделов современной астрофизики. Он одним из первых оценил важнейшую роль новых каналов в исследовании Вселенной.

Многоплановая научно-организационная деятельность В. Л. Гинзбурга. Около десяти лет назад он организовал астрофизическую группу в Физическом институте АН СССР, а затем кафедру проблем физики и астрофизики в Московском физико-техническом институте. Руководимый им коллектив развернул астрофизические исследования, получившие вскоре мировую известность. Заведующий отделом теоретической физики имени И. Е. Тамма в Физическом институте АН СССР, член бюро Отделения общей физики и астрономии Академии наук СССР, член нескольких проб-

лемных научных советов, член редколлегий ряда советских и зарубежных научных журналов и ответственный редактор журнала «Известия ВУЗов [радиофизика]» — таков далеко не полный перечень нынешних обязанностей Виталия Лазаревича.

За выдающиеся научные успехи В. Л. Гинзбург удостоен Ленинской и Государственной премий, а также премий имени Л. И. Мандельштама и М. В. Ломоносова Президиума Академии наук СССР. Он награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета» и многими медалями. В. Л. Гинзбург избран иностранным членом Американской академии наук и искусств, членом Международной астронавтической академии, иностранным членом Королевского астрономического общества Великобритании, доктором «Honoris causa» ряда зарубежных университетов.

Редколлегия и читатели «Земли и Вселенной» горячо поздравляют юбиляра и желают ему здоровья и новых творческих успехов.



Академик
В. Л. ГИНЗБУРГ

Астрофизика высоких энергий

Астрофизика высоких энергий — порождение второй половины нашего века. Правда, как почти всегда в подобных случаях, некоторый инкубационный период начался значительно раньше. Существование какого-то проникающего «излучения», приходящего к нам из Космоса и именуемого теперь космическими лучами, было вполне надежно установлено фактически еще в 1912 году австрийским физиком В. Гессом. Но потребовалось целых два десятилетия для того, чтобы не только исчезли сомнения в самом существовании космических лучей, но и было выяснено, что первичные космические лучи — это заряженные частицы (еще неизвестной тогда природы) с энергией преимущественно порядка 10^9 — 10^{11} эВ. Как одно из следствий, Нобелевскую премию по физике за свое открытие Гесс получил лишь в 1936 году (по статуту этих премий они должны присуждаться «за самые последние достижения... а за более старые работы только в тех случаях, когда их значение не было выяснено до последнего времени»).

Вначале склонялись к мысли, что первичные космические лучи состоят преимущественно из электронов. Но уже в 1933 году в результате наблюдения одного из геомагнитных эффектов (влияния на движение частиц земного магнитного поля) было обнаружено, что первичные частицы в основном имеют положительный заряд. Затем в исследовании первичных космических лучей наступила пауза, ибо нужно было подыматься к границам атмосферы, что тогда было практически невозможно. В этот период физика космических лучей устремилась

Астрофизика высоких энергий включает в себя рентгеновскую и гамма-астрономию, астрофизику космических лучей и частично нейтринную астрономию. Это — одно из самых молодых и многообещающих направлений современной астрономии.

на изучение захватывающих вопросов строения вещества — достаточно напомнить, что именно в космических лучах были открыты позитрон (1932 г.), мю-мезоны (1937 г.), $\pi^\pm$ -мезоны (1947 г.), K^0 и $K^\pm$ -мезоны (1947—1948 гг.) и Λ , Σ^+ и Ξ^- -гипероны (соответственно, 1957, 1959 и 1962 гг.).

Создание ускорителей частиц с высокой энергией понизило значение космических лучей для физических (ядерных) исследований. Более или менее одновременно появилась реальная возможность поднимать к границам атмосферы (на высотных баллонах) фотоэмульсии и другую аппаратуру. В результате снова внимание привлекли космические лучи, как таковые (или, как говорят, астрофизический аспект проблемы космических лучей). В 1948 году было выяснено, что к Земле из Космоса приходят не только протоны с высокой энергией, но и ядра различных элементов — началось определение химического состава космических лучей. Однако всей этой тематикой занимались и интересовались преимущественно физики, а для астрономов космические лучи оставались чем-то экзотическим и малосущественным. Положение резко изменилось лишь в самом начале 50-х годов, причем ре-

шающую роль здесь сыграла радиоастрономия. Тогда по существу и родилась астрофизика высоких энергий.

РАДИОАСТРОНОМИЯ И КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ ВО ВСЕЛЕННОЙ

К 1950 году стало ясно, что космическое радиоизлучение (впервые обнаруженное К. Янским в 1932 году, но начавшее систематически исследоваться только в 1945—1946 годах) не сводится к тепловому излучению межзвездного газа. Поэтому было выдвинуто предположение о существовании в Галактике огромного числа «радиозвезд», невидимых в оптике, но в своей совокупности обеспечивающих наблюдаемую радиосветимость. Однако эта гипотеза не выдержала критики, да и просто оказалась ненужной после того как выяснилась правдоподобность, а затем и безусловная справедливость синхротронной гипотезы. Согласно последней, нетепловое космическое радиоизлучение Галактики, а также других галактик, квазаров и оболочек сверхновых звезд представляет собой синхротронное излучение релятивистских электронов, движущихся в космических магнитных полях. Не нужно думать, что эта гипотеза с самого начала была очевидной. Ведь электроны в первичных космических лучах были обнаружены только в 1961 году, а в 1950 году было лишь известно, что их количество в первичном потоке релятивистских частиц не превосходит примерно 1%. Для оценки интенсивности синхротронного радиоизлучения необходимо также сделать предположение о величине напряженности магнитного поля в радио-



излучающей области. Поэтому, быть может, не так уж странно, что синхротронная гипотеза на первом этапе многими отрицалась и полностью «победила» лишь к 1957—1959 годам (в СССР такой датой следует считать 1953 год).

Главное, что в результате стало ясно, это — всеобщность феномена космических лучей: релятивистские частицы заполняют Галактику, оболочки сверхновых звезд и, вероятно, все галактики; в радиогалактиках и квазарах (здесь мы, конечно, забегаем вперед) количество космических лучей особенно велико. При этом долгое время, да обычно и сейчас, расчеты делались в двух предположениях. Считается, во-первых, что, как и вблизи Земли, в космических лучах плотность энергии электронов w_e составляет около 1% от общей плотности энергии всех космических лучей $w_{кл}$ и, во-вторых, что плотность

энергии магнитного поля и всех космических лучей примерно одинакова.

Результат вычислений довольно слабо зависит от этих предположений и является фундаментальным: плотность энергии космических лучей в Галактике $w_{кл} \sim 10^{-12}$ эрг/см³ и соответствующее давление $P_{кл} = w_{кл}/3$ весьма велики и имеют определяющее значение при изучении энергетики и динамики межзвездной среды (для сравнения укажем, что плотность внутренней энергии газа равна примерно 10^{-12} эрг/см³, если концентрация газа 1 см⁻³ и температура 10^4 К). В оболочках сверхновых звезд, радиогалактиках и квазарах, где плотность энергии космических лучей значительно выше, чем в Галактике, их энергетическая и динамическая роль еще больше. Впечатляюще и более «наглядны» значения полной энергии космических лучей $W_{кл}$ (очевидно, $W_{кл} \sim w_{кл}V$, где V — некоторый эффективный объем источника). Так, для оболочек сверхновых звезд $W_{кл} \sim 10^{47} - 10^{51}$ эрг, для Галактики (при наличии гало) — около 10^{56} эрг, для радиогалактик $10^{60} - 10^{61}$ эрг (напомним, что энергия покоя Солнца $M_{\odot}c^2 \sim 10^{54}$ эрг, то есть в мощной радиогалактике энергия космических лучей достигает $10^7 M_{\odot}c^2$).

Сказанное, собственно, и определяет значение астрофизики высоких энергий, вполне оправдывает выделение этой области исследований в качестве ветви современной астрономии. Нужно, конечно, иметь в виду, что, помимо энергетических и динамических соображений, очень существенна и другая, в известной мере независимая сторона проблемы: ре-

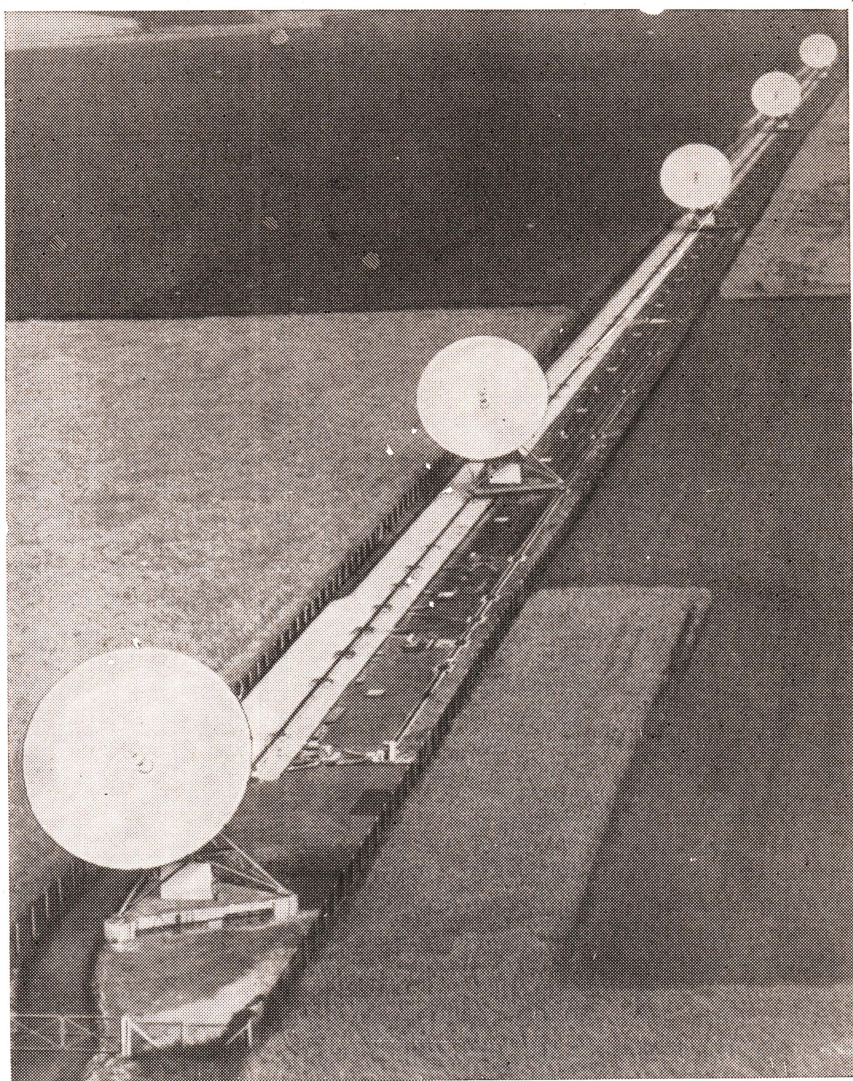
Долгий путь проходят космические лучи от своего источника — пульсара или сверхновой звезды — до Земли. Сталкиваясь с ядрами межзвездного газа, они образуют новые частицы. Первичные космические лучи могут быть зарегистрированы аппаратурой, поднятой за пределы земной атмосферы. Наиболее энергичные частицы космических лучей проникают в земную атмосферу, порождая вторичные «атмосферные ливни». Их регистрирует аппаратура, установленная на поверхности Земли. Обозначения: π^0, π^+, π^- — пи-мезоны, μ^+, μ^- — мю-мезоны, ν — нейтрино, γ — фотоны, e^+ — позитрон, e^- — электрон

лятивистские частицы и создаваемое ими излучение (электромагнитные волны всех диапазонов — от радиоволн до жестких гамма-лучей, а также нейтрино) являются источником ценной астрономической информации и в тех случаях, когда плотность энергии космических лучей сравнительно невелика.

Уже лет 15 как все это в достаточной мере осознано, появились и многие новые технические возможности (среди них в первую очередь нужно назвать спутники). Неудивительно поэтому, что астрофизика высоких энергий сегодня развивается очень широким фронтом. Перечислим ее основные направления.

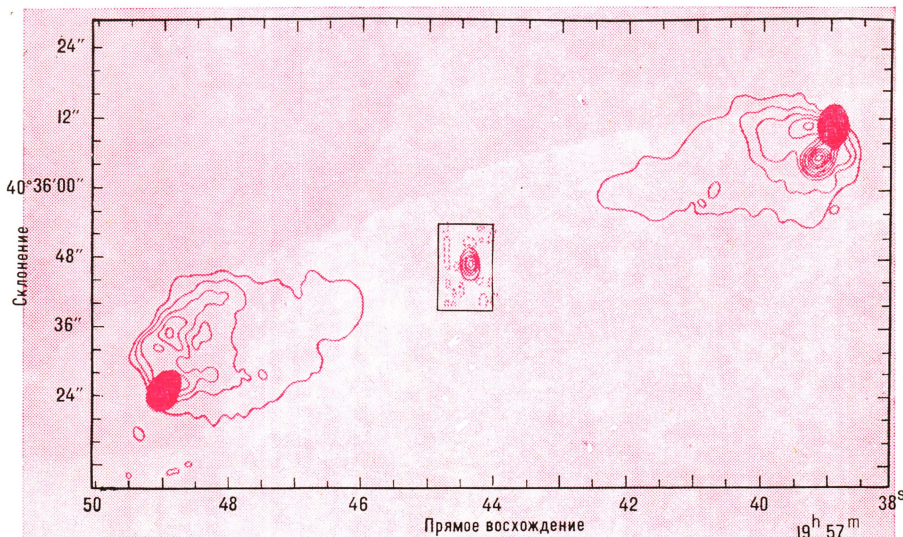
Астрофизика космических лучей. В экспериментальном плане речь здесь идет об исследовании различных компонент космических лучей на границе земной атмосферы и в пределах Солнечной системы.

Гамма-астрономия. Практически, это самое молодое направление, но уже



5-километровый радиотелескоп Кембриджской радиоастрономической обсерватории, работающий по принципу апертурного синтеза. На фотографии — пять из восьми антенн телескопа

Радиокарта мощного источника Лебедь А. Крайние компоненты необычайно компактны и ярки, центральный же источник, соответствующий ядру оптической галактики, очень слаб (он изображен в другом масштабе)



готовое «предъявить» некоторые результаты в различных диапазонах энергии от 10^5 до 10^{12} эВ.

Рентгеновская астрономия. Пожалуй, наиболее бурно развивающаяся в наши дни область астрономии.

Нейтринная астрономия. Ведущиеся уже несколько лет поиски солнечных нейтрино пока не привели к четкому положительному результату. И, естественно, это вызвало несравненно больший интерес, чем если бы нейтрино от Солнца были обнаружены.

О всех перечисленных направлениях мы еще расскажем. Сейчас же следует подчеркнуть, что и **радиоастрономия** ни в коей мере не утратила своего значения для астрофизики высоких энергий. Совершенствование радиотелескопов приносит все новые и новые открытия. Например, на волне около 50 см обнаружены гигантские радиогалактики 3C 236 и DA 240 размером 5,7 и 2 Мпс, соответственно (оба источника двойные, и, говоря о размерах, мы подразумеваем максимальное расстояние между двумя радиооблаками). На волне 50 см удалось также выявить обширное радиогало у галактики NGC 4631. Естественно, что радиогало и радиооблака особенно заметны на длинных волнах. Создание радиотелескопа метрового диапазона с разрешением, достигающим нескольких секунд дуги, очень актуально и принесло бы много нового.

Но пока что главные события происходят в сантиметровом диапазоне, где уже работают радиотелескопы, использующие метод апертурного синтеза («Земля и Вселенная», № 5, 1975, стр. 56—61.— Ред.). Разрешение,

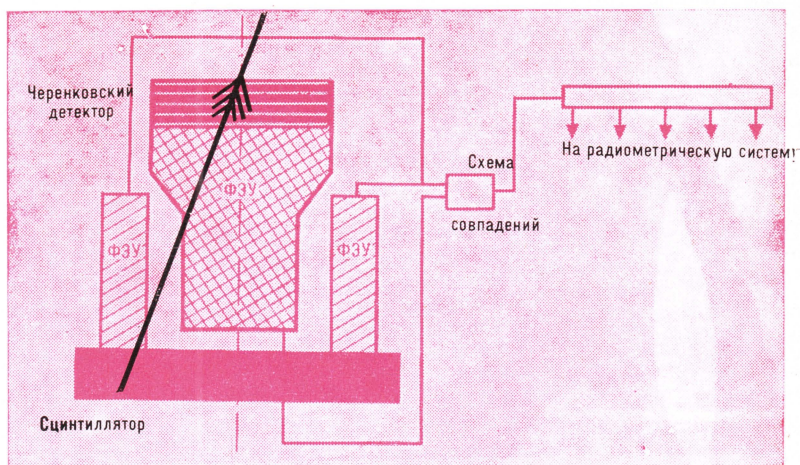
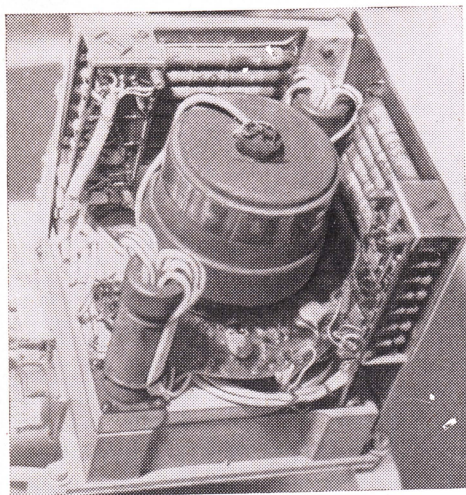
которое дают эти инструменты, равно нескольким угловым секундам (мы уже не говорим об интерферометрах с базами в тысячи километров). В качестве примера приведем радиоизображение известной радиогалактики Лебедь А, полученное на 5-километровом радиотелескопе в Кембридже (Англия). Заметим, что Лебедь А — первый обнаруженный (1946 г.) дискретный источник космического радиоизлучения (разумеется, кроме Солнца). Лебедь А оказался и первой идентифицированной радиогалактикой. Интересная особенность этого радиоисточника — существование двух компактных и ярких образований в радиооблаках Лебеда А. Что представляют собой эти источники, каким образом и откуда излучающие там релятивистские электроны получают энергию? Эти вопросы остаются открытыми и принадлежат к числу самых актуальных в современной астрономии.

АСТРОФИЗИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ *

Изучение первичных космических лучей у Земли и в Солнечной системе концентрируется в настоящее время на целом ряде проблем.

Химический и изотопный состав космических лучей определяется начиная с водорода (речь идет о количестве дейтерия, а в случае солнеч-

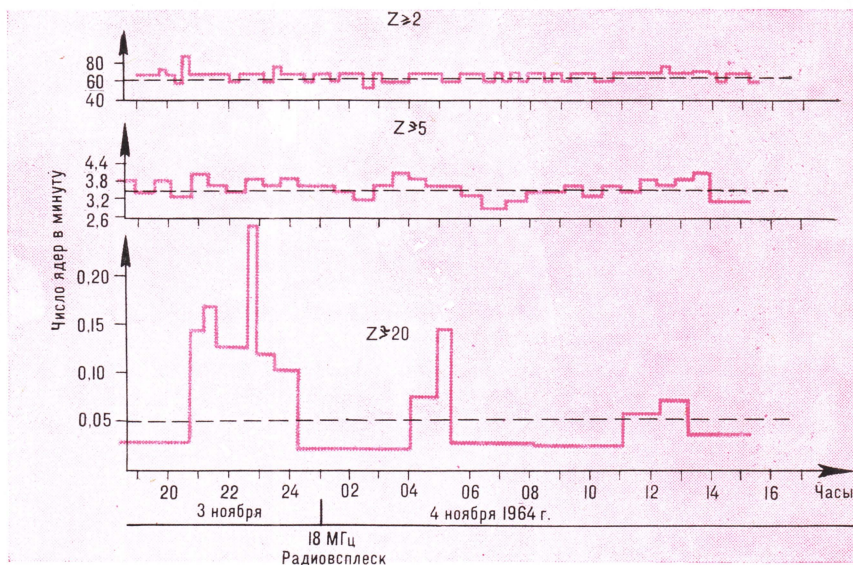
ных космических лучей — и радиоактивного трития) и кончая ураном и трансурановыми элементами. Наличие в космических лучах редких в природе элементов — лития, бериллия, бора и некоторых других, например гелия-3, давно уже послужило указанием на важность процесса трансформации элементов в космических лучах по дороге от их источников до Земли. В первом приближении можно сделать вывод, что космические лучи в среднем проходят толщу $x \approx 5$ г/см² в межзвездной среде, но частично, быть может, и в источниках. Отвлекаясь от последней возможности, заключаем, что время блуждания космических лучей, или их «возраст», $T_{\text{кл}} = x/c\rho$, где ρ — средняя плотность межзвездной среды в «области захвата» космических лучей (их скорость считается практически равной $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с). Если в этой области концентрация газа порядка 1 см⁻³ и, следовательно, $\rho \approx 2 \cdot 10^{-24}$ г/см³, то $T_{\text{кл}} \sim 3 \cdot 10^8$ лет. Если же концентрация около 10^{-2} см⁻³ (гало), то $T_{\text{кл}} \sim 3 \cdot 10^8$ лет. Выбор между этими возможностями — довольно старая, но все еще до конца нерешенная (и вместе с тем особенно важная) задача. Помочь здесь может определение количества радиоактивных изотопов, служащих как бы часами. Лучшее всего для этой цели подходит изотоп бериллий-10, среднее время жизни которого $2,2 \cdot 10^6$ лет (в покое). Данные, полученные в 1975 году, свидетельствуют о том, что ядра бериллия-10, которые образуются в межзвездном пространстве из более тяжелых ядер космических лучей, практически успевают распасться на пути до Зем-



ли. Отсюда можно сделать вывод о большом возрасте космических лучей. Однако и экспериментальные данные еще недостаточно точны, и пересчет «от химсостава» к $T_{\text{КЛ}}$ не так уж прост. Поэтому окончательно утверждать, что $T_{\text{КЛ}} \sim 1-3 \cdot 10^8$ лет, еще нельзя. Изучение изотопного и химического состава космических лучей (в частности, поиски трансурановых элементов) остается, конечно, в центре внимания.

То же можно сказать об определении энергетического спектра космических лучей в области сверхвысоких энергий — больше 10^{18} эВ (в области меньших энергий есть свои проблемы, но они стоят не так остро). Уже обнаружены частицы с энергией, достигающей 10^{20} эВ, что эквивалентно 10^8 эрг. Прийти к нам из далеких галактик такие частицы, по-видимому, не могут, так как они должны потерять энергию в результате «трения» о фотоны реликтового радиоизлучения. Откуда же приходят частицы со сверхвысокой энергией, каков их спектр и химический состав? Все эти вопросы открыты.

15 лет назад была обнаружена электронная компонента космических лучей, причем оказалось, что поток электронов составляет примерно 1% от потока протонно-ядерной компоненты. С тех пор выполнено большое число работ и зарегистрированы электроны с энергиями до 1000 ГэВ. Однако их спектр (зависимость интен-



Черенковская сцинтилляционная установка для регистрации ядер в первичных космических лучах

Устройство черенковской сцинтилляционной установки. Черенковский детектор — это пластина из плексиглаза. В этом веществе скорость протона с энергией больше 300 МэВ превышает фазовую скорость света. Поэтому такие частицы, пролетая сквозь детектор, порождают в нем световое излучение. Излучение регистрируется фотоумножителем, затем электрический сигнал поступает на схему совпадений. Сюда же при-

ходят сигналы с фотоумножителей, которые регистрируют вспышки света в сцинтилляторе, вызванные той же самой заряженной частицей. Совпадающие сигналы поступают на радиометрическую систему

В ноябре 1964 года было отмечено возрастание тяжелых ядер (заряд $Z \approx 20$) в солнечных космических лучах, в то время как количество легких ядер практически не изменилось. Это свидетельствует о преимущественном ускорении в данном случае тяжелых ядер на Солнце. (Наблюдения со спутников «Электрон-2 и -4»)

сивности от энергии) определен недостаточно точно. Еще хуже известен спектр позитронной компоненты. Между тем если бы мы знали электронный спектр у Земли, то, используя радиоастрономические данные, могли бы, в принципе, составить представление об электронной компоненте во всей Галактике. Предварительные результаты свидетельствуют о существовании у Галактики довольно обширного радиогало и о времени жизни космических лучей 10^8 лет. Эта картина может быть проверена и уточнена, в частности, путем определения спектра позитронов. В отличие от электронов, все позитроны являются вторичными: они рождаются в межзвездной среде в результате образования (при соударениях частиц космических лучей с ядрами газа) различных мезонов и их последующего распада. Поэтому спектр генерации позитронов известен, а трансформация этого спектра на пути к Земле характеризует время блуждания позитронов в Космосе, то есть их «возраст».

Еще один круг задач — изучение солнечных космических лучей и различных модуляционных эффектов, происходящих в Солнечной системе. Приведем только один пример из этой области. Известно, что некоторые животные на Земле в определенных периоды быстро вымирали. Появившаяся в 1976 году гипотеза связывает такие периоды быстрого изменения фауны с теми сравнительно краткими интервалами времени, когда земное магнитное поле изменяло свой знак и было слабым. При этом земная магнитосфера резко уменьшалась и не могла экранировать атмосферу от мягких солнечных космических лучей. Последние разрушают озоновый слой, в результате чего до Земли доходит гораздо больше ультрафиолетового излучения, чем обычно, что меняет условия существования для всего живого на земной поверхности. Не берусь судить, насколько эта гипотеза лучше других, но само ее появление — еще одно свидетельство крепнущих связей астрофизики космических лучей с иными научными направлениями.

ГАММА-АСТРОНОМИЯ

Выше подчеркивалось, что оценки энергии космических лучей вдали от Земли, например в радиогалактиках, остаются не вполне определенными. В принципе они могут даже на несколько порядков величины отличаться от получаемых в предположении, что плотность энергии электронов составляет 1% от общей плотности энергии космических лучей. Очевидно, что создание метода, позволяющего непосредственно определять плотность энергии протонно-ядерной компоненты космических лучей вдали от Земли, имело бы выдающееся значение. И такой метод существует — он состоит в приеме космических гамма-лучей с энергией, большей примерно 50 МэВ (без учета красного смещения). Действительно, при соударениях с ядрами газа космические лучи (протоны и ядра) порождают, в частности, π^0 -мезоны, а также некоторые другие нестабильные частицы (например, Σ^0 -гипероны), практически мгновенно распадающиеся с образованием гамма-лучей (так, покоящийся π^0 -мезон распадается на два гамма-фотона с энергией 67,5 МэВ каждый). Интенсивность таких гамма-лучей пропорциональна произведению интенсивности космических лучей на концентрацию газа (конечно, берется интеграл вдоль луча зрения). Таким образом, если концентрация газа известна, то можно узнать и среднюю интенсивность космических лучей, а затем оценить и плотность их энергии.

Такой путь стал ясен уже по крайней мере в начале прошлого десятилетия, но лишь в 1968 году были об-

наружены гамма-лучи с энергией, большей 100 МэВ в направлении на галактический центр. Гамма-излучение Галактики подробно исследовалось на спутнике SAS-2, предназначенном для гамма-астрономических наблюдений. Обнаружено довольно интенсивное гамма-излучение в направлении галактического центра и из близких к нему направлений. Сейчас считается вероятным, что значительная доля этого излучения исходит из широкой области, находящейся примерно в 5 кпс от галактического центра, то есть на полпути от центра до Солнца. При этом здесь интенсивность космических лучей либо в несколько раз выше, чем вблизи Солнечной системы, либо имеется много молекулярного водорода (как известно, скопления молекулярного водорода лишь иногда, причем очень грубо, удается идентифицировать по косвенным данным).

Совершенствование методов гамма-астрономии (главное — повысить чувствительность гамма-телескопов при достаточно хорошем угловом разрешении) позволит определить интенсивность космических лучей вдали от Земли совершенно независимо от радиоастрономического способа, существенно дополнив последний. Кстати, таким образом можно будет проверить (и, как я надеюсь, окончательно «закрыть») метагалактическую гипотезу о происхождении космических лучей. Согласно этой гипотезе, космические лучи заполняют более или менее равномерно всю Метагалактику, во всяком случае, значительные ее области. Но тогда интенсивность космических лучей в Галактике и в соседних с ней Магеллано-

вых Облаках должна быть одинаковой. Значит, и поток гамма-лучей от Облаков должен быть вполне определенным (количество газа в них известно). Если же он окажется иным, то окончательно станет ясно, что основная часть космических лучей, наблюдаемых у Земли, образуется в нашей же Галактике. Впрочем, галактическое происхождение космических лучей и без того очень вероятно, и фактически выше мы это неявно предполагали.

Помимо гамма-лучей от распада π^0 -мезонов и некоторых других частиц, в принципе могут наблюдаться космические гамма-лучи, испускаемые возбужденными ядрами и обрзающиеся при торможении и рассеянии релятивистских электронов. Уже получены первые данные об этом, но здесь придется ограничиться упоминанием лишь одного открытия. Несколько лет назад были обнаружены довольно мощные, но короткие всплески мягких космических гамма-лучей неизвестного происхождения («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 55.—Ред.). Согласно последним экспериментам, гамма-всплески, скорее, приходят от каких-то галактических (а не внегалактических) объектов. Довольно вероятная гипотеза связывает всплески со вспышкой звезды в двойной системе (при этом продукты взрыва падают с поверхности одной звезды на другую, что и приводит к вспышке).

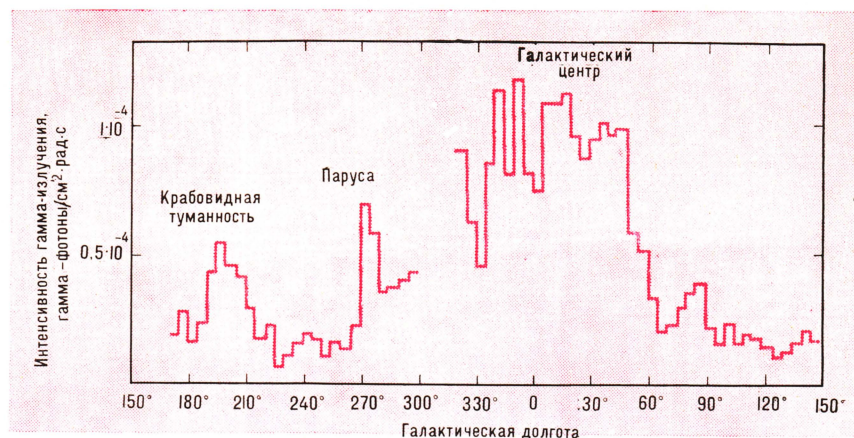
РЕНТГЕНОВСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Вспоминая совет Козьмы Пруtkова («Опять скажу: никто не обвинит необъятного!»), не буду даже и пытаться рассказать о состоянии рентге-

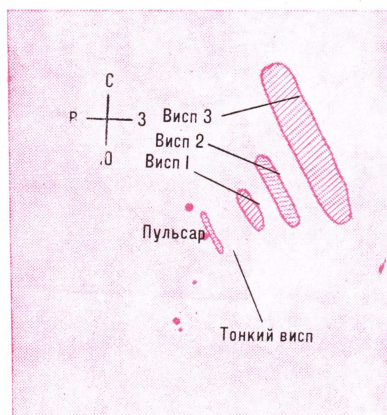
новской астрономии. Если не считать наблюдений рентгеновского излучения Солнца, которые успешно ведутся с конца 40-х годов, рентгеновская астрономия родилась в 1962 году, когда случайно был открыт мощный рентгеновский источник Скорпион X-1. С тех пор сделано очень многое. Важнейшие результаты: регистрация мощного рентгеновского излучения в тесных двойных системах (к ним относится и Скорпион X-1); обнаружение рентгеновских пульсаров Центавр X-1, Геркулес X-1 и открытие в конце 1975 года пульсара SMC X-1 в Малом Магеллановом Облаке; исследование источника Лебедь X-1, в котором, быть может, имеется черная дыра (в последнее время появились сомнения на этот счет и, возможно, Лебедь X-1 — тройная система или в ней существует тяжелая нейтронная звезда, а не черная дыра). Получены и другие интересные результаты, но в плане настоящей статьи особенно нужно отметить изучение Крабовидной туманности.

7 июля 1964 года Крабовидная туманность покрывалась Луной, и на

Распределение интенсивности гамма-излучения с энергией, большей 100 МэВ, вдоль галактической плоскости. Особенно мощный поток гамма-излучения наблюдается в направлении галактического центра и от близких к нему направлений. Несколько меньше поток гамма-излучения от пульсара в Крабовидной туманности, а также пульсара и остатка сверхновой в созвездии Паруса



запущенной в этот день ракете удалось наблюдать рентгеновское затмение туманности. Тогда-то и установили, что космические рентгеновские источники (во всяком случае, Крабовидная туманность) — это протяженные объекты (угловая разрешающая сила первых рентгеновских телескопов была низкой). Уже с новыми рентгеновскими телескопами затмения Крабовидной туманности наблюдались 3 ноября и 28 декабря 1974 года. При этом выяснилось, в частности, что рентгеновское излучение туманности исходит не из области, непосредственно окружающей пульсар NP 0532, а из района, удаленного примерно на 10 секунд дуги в направлении известных из оптики «виспов» (уярчений). Крабовидная туманность особенно интересна для темы статьи потому, что еще несколько лет назад была доказана (в результате измерений поляризации) синхротронная природа ее рентгеновского излучения. Таким образом, в этой туманности в рентгеновском диапазоне излучают релятивистские электроны, в то время как в большинстве других рентгеновских источников (например, в двойных системах) происходит тормозное излучение горячей, но еще нерелятивистской плазмы. Вообще нужно заметить, что рентгеновская астрономия занимает в целом промежуточное положение между оптической астрономией и собственно астрономией высоких энергий. От такого положения (и в каком-то смысле «сидения сразу на двух стульях») значение рентге-



новской астрономии, скорее, только увеличивается.

НЕЙТРИННАЯ АСТРОНОМИЯ

Уже больше 10 лет длится эксперимент (пока единственный) по обнаружению нейтрино от Солнца. Детектором нейтрино служит содержащая хлор жидкость, в которой нейтрино

Фотография Крабовидной туманности в поляризованном свете, полученная на 200-дюймовом телескопе (США)

Структура Крабовидной туманности в окрестности пульсара NP 0532. В этой области генерируется рентгеновское излучение

должны вызывать реакцию $\nu + {}^{37}\text{Cl} \rightarrow {}^{37}\text{Ar} + e^-$. Продукт реакции — аргон-37 — отделяется от хлорсодержащей жидкости, и по его количеству судят о потоке солнечных нейтрино. Ожидалось, что поток составляет около 5 SNU (SNU — солнечная нейтринная единица, соответствующая 10^{-36} захватам нейтрино одним ядром хлора в секунду). Но оказалось, что поток по крайней мере в несколько раз меньше и в среднем равен всего лишь около 1SNU, причем это значение должно рассматриваться, скорее, в качестве верхней границы потока солнечных нейтрино.

Такой неожиданный результат породил массу гипотез. Здесь и предположение о нестабильности нейтрино, распадающихся по пути от Солнца, и различные изменения моделей Солнца, в том числе столь радикальные, как модель нестационарного Солнца. Допускается даже существование в центре Солнца небольшой черной дыры, аккреция вещества на которую ответственна более чем за половину солнечной светимости.

Для решения проблемы, безусловно, нужны новые эксперименты. В-первых, очень важно уточнить верхний предел потока солнечных нейтрино, регистрируемых с помощью хлора. Во-вторых, нужно иметь в виду, что этим методом можно обнаружить в основном только нейтрино с энергией в 14 МэВ, образующиеся при распаде бора-8. Между тем большая часть солнечных нейтрино имеет энергию порядка (или меньшую) 1 МэВ. Следовательно, необходимы новые детекторы нейтрино. Лучшими известными «кандидатами» для этой цели являются

галлий-71 и литий-7. Однако такие эксперименты очень сложны (достаточно сказать, что установки следует помещать глубоко под землей или под водой, чтобы уменьшить фон от космических лучей, а выделять нужно буквально отдельные атомы аргона-37, германия-71 или бериллия-7 — продукты соответствующих реакций).

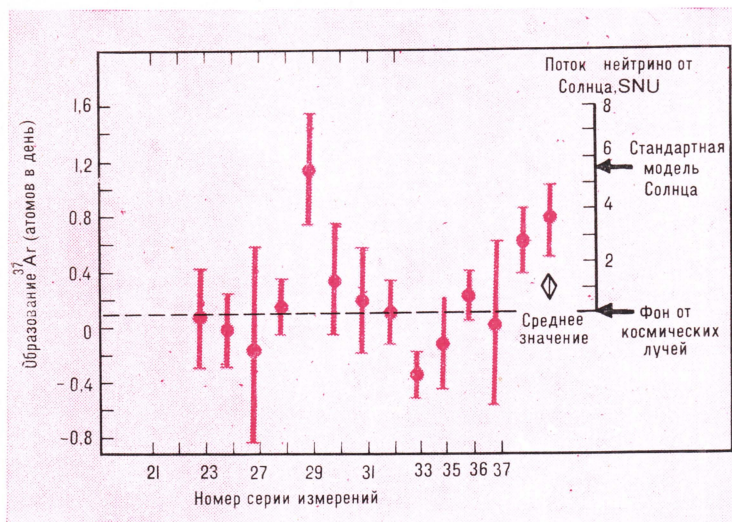
Тем не менее не приходится сомневаться в том, что нейтринная астрономия уже родилась и лет через 5—10, а быть может, и раньше мы получим ответы на некоторые животрепещущие вопросы. К их числу относятся не только изучение центральной части Солнца, но и регистрация нейтринных вспышек, возникающих при взрывах сверхновых звезд.

КАКОЙ БУДЕТ АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В 2000 ГОДУ?

Как мы видим, за 25 лет (всего за 25 лет — можно смело сказать) астрофизика высоких энергий превратилась в цветущее и плодоносящее дерево. А более прозаически можно утверждать, что астрофизика высоких энергий уже не только стала широкой и разветвленной областью современной астрономии, но и в значительной мере определяет пути ее развития.

Куда ведут, однако, эти пути и чего можно ожидать в астрономии, скажем, к 2000 году?

Самый надежный ответ, конечно, гласит: «поживем — увидим». Но такова извечная человеческая склонность — думать о будущем, строить планы и делать прогнозы, хотя история и свидетельствует об очень большой вероятности ошибиться и ока-



заться лжепророком. Но я всегда считал и считаю поныне, что лучше уж ошибиться, чем молчать только по соображениям осторожности. Поэтому выскажу свое мнение.

Перед астрофизикой высоких энергий стоит целый ряд достаточно ясных (по крайней мере, в отношении их постановки) задач и вопросов. Некоторые из них известны уже десятилетия, но ответа получить не удастся по «техническим» причинам — в связи с отсутствием адекватных методов или трудностью практической реализации некоторых имеющихся возможностей. Вспомним также, что нейтронные звезды и черные дыры на бумаге появились уже около 40 лет назад, а первый спутник полетел почти 20 лет назад. Таким образом, 25 лет для фундаментальных, глубоких исследований это не так уж много даже в наше время, когда наука находится в особенном фаворе. Наконец, что не менее важно, само развитие науки (или, точнее, отдельных научных дисциплин) происходит неравномерно: периоды бурной активности или даже революций сменяются периодами более плавной эволюции. Вот я и думаю, что в астрономии сейчас заканчивается революция, начавшаяся в 1945—1946 годах. Астрономия превратилась за эти годы из оптической во всеволновую, «героический период» перехода с узкой астрономической «колеи» на широ-

кую в основном завершился. Поэтому мне представляется довольно вероятным, что следующая четверть века для астрономии в целом будет более спокойной, чем предыдущая. Очень многое будет понято, многое сделано. Несомненно, нас ожидают и новые драматические эпизоды, и непредвиденные открытия. Но вполне возможно, что общая «картина мира» к 2000 году изменится не столь уж существенно или, конкретно, не будет сделано много открытий такого масштаба, как обнаружение радиогалактик, квазаров, пульсаров, двойных рентгеновских звезд, космических мазеров, реликтового космического радиоизлучения и т. д.

Все может быть, но стоит ли об этом гадать? — спросит читатель. И такой читатель в основном прав. Мои же замечания представляются оправданными только вот в какой связи. Представители нашего поколения, а по индукции и подрастающего пополнения, буквально избалованы астрономическими открытиями, следующими друг за другом как по расписанию. И уже слышны голоса: как же так, пульсары были открыты девять лет назад, но что-то нет подоб-

Результаты измерений потока солнечных нейтрино. Среднее значение потока солнечных нейтрино оказалось значительно меньше потока, соответствующего стандартной модели Солнца

ных крупных достижений с тех пор? Не говоря уже о том, что в данном случае такое мнение не вполне верно (вспомним об успехах рентгеновской и гамма-астрономии), мы хотим подчеркнуть, что изменение характера развития, проявляющееся в уменьшении числа «открытий в единицу времени», было бы вполне естественно и закономерно. И если это произойдет, то все равно нет никаких оснований для пессимизма. Ну, а в остальном все же «поживем — увидим». И, несомненно, в любом случае большинству читателей настоящей статьи еще предстоит увидеть массу нового и интересного в астрономии.

ЧТО ЧИТАТЬ ПО ТЕМЕ СТАТЬИ

1. В. Л. Гинзбург, С. И. Сыроватский. **Происхождение космических лучей.** М., Изд-во АН СССР, 1963.
2. В. Л. Гинзбург. **Современная астрофизика.** М., «Наука», 1970.
3. Т. Уикс. **Астрофизика высоких энергий.** М., «Мир», 1972.
4. Л. М. Озерной, О. Ф. Прилуцкий, И. Л. Розенталь. **Астрофизика высоких энергий.** М., Атомиздат, 1973.
5. Л. И. Дорман. **Экспериментальные и теоретические основы астрофизики космических лучей.** М., «Наука», 1975.
6. Л. М. Гальпер, В. Г. Кириллов-Угрюмов и Б. И. Лучков. **Наблюдательная гамма-астрономия.** «Успехи физических наук», **112**, 491, 1974.
7. О. Ф. Прилуцкий, И. Л. Розенталь, В. В. Усов. **Мощные всплески космического гамма-излучения.** «Успехи физических наук», **116**, 517, 1975.
8. В. Л. Гинзбург, В. С. Птускин. **О происхождении космических лучей.** «Успехи физических наук», **117**, 585, 1975.

Исполнилось 70 лет заслуженному деятелю науки РСФСР и Татарской АССР, доктору физико-математических наук, профессору Дмитрию Яковлевичу Мартынову.

Круг научных интересов Д. Я. Мартынова очень широк: затменные переменные и спектрально-двойные звезды, внутреннее строение звезд и звездная эволюция, прикладная и практическая астрофизика, физика планет, комет, малых планет и межпланетного пространства. Превосходный наблюдатель Д. Я. Мартынов 50 лет провел у телескопа и до сих пор сохранил увлеченность наблюдательной астрономией. Его обширные ряды наблюдений переменных и затменных двойных систем — значительный вклад в наблюдательную астрофизику.

Д. Я. Мартынов одним из первых в мире понял огромную важность двойных звезд для решения основных проблем внутреннего строения звезд и содействовал развитию нового направления в астрофизике — физических методов исследования двойных звезд. Это направление дало такое количество уникальных результатов о природе звезд, что теория двойных звездных систем в настоящее время считается одной из самых актуальных и перспективных. Яркой иллюстрацией ее теоретического аппарата стало объяснение природы рентгеновских источников.

Автор более 200 научных работ, семи учебников и монографий Д. Я. Мартынов своими трудами в области астрофизики и звездной астрономии заслужил признание и в нашей стране, и за рубежом. Д. Я. Мартынов —



член Королевского астрономического общества Великобритании.

Научные исследования и наблюдения Д. Я. Мартынов успешно сочетает с педагогической деятельностью в Московском университете и работой на посту директора одного из ведущих в СССР астрономических учреждений — Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. Длительное время он был президентом Всесоюзного астрономо-геодезического общества при АН СССР и со дня основания журна-

ла «Земля и Вселенная» является его главным редактором. Многолетняя научная и педагогическая деятельность Д. Я. Мартынова отмечена правительственными наградами: орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почета».

Редколлегия, читатели «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют Дмитрия Яковлевича с юбилеем, желают ему здоровья и больших творческих успехов.

Профессор
Д. Я. МАРТЫНОВ



Черты прогресса в астрономии XX века

Десять лет назад в журнале «Земля и Вселенная» (№ 4, 1966, стр. 3—7) была опубликована моя статья, посвященная очень важному вопросу — проверке существующих теорий внутреннего строения звезд по материалам наблюдений двойных звезд.

С той поры, всего лишь за десятилетие, благодаря успехам заатмосферной астрономии было открыто множество новых явлений и фактов, для объяснения которых потребовались совершенно новые теоретические построения. Мне захотелось оглянуться на пройденный путь, чтобы осознать, как возникали и развивались наши представления о строении и эволюции звезд. Тем более, что молодежь, узнавая из книг об установленных наукой явлениях и закономерностях, воспринимает их готовыми и совершенными, тогда как новое обычно рождается в муках противоречий и споров, а творцы его переживают и взлеты, и разочарования.

Итак, проблема внутреннего строения звезд...

Она насчитывает чуть больше ста лет, а полвека назад она только-только вышла за пределы чисто термодинамической теории, не учитывавшей физических свойств материи и излучения.

Статья написана по материалам доклада, прочитанного 8 апреля 1976 года на заседании ученого совета Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга, посвященном 70-летию со дня рождения и 50-летию педагогической и общественной деятельности профессора Д. Я. Мартынова. (Прим. ред.).

На примере изучения внутреннего строения звезд — одной из крупнейших астрономических проблем — автор показывает, как рождается и развивается научная истина в познании Вселенной.

Я. Бялобжевский в Кракове уже в 1913 году указал, что в звездах необходимо учитывать лучистое равновесие вместо конвективного. И в 1916 году А. Эддингтон стал разрабатывать этот вопрос, используя все успехи физики, достигнутые в работах М. Планка, Н. Бора, А. Эйнштейна. В 1924 году, с которого начинается мое повествование, Эддингтон сформулировал закон масс — светимостей у звезд, а через два года выпустил в свет монографию «Внутреннее строение звезд» (1926), содержащую физический и математический анализ множества астрофизических проблем. Книгу Эддингтона до сих пор читают не только из интереса к истории.

Установив, что в случае лучистого равновесия при некоторых упрощающих предположениях звезду можно рассматривать как газовый шар класса политропии $n = 3$, Эддингтон применил теорию газовых шаров Р. Эмдена (1907) и вывел свое знаменитое уравнение:

$$1 - \beta = 0,00309 \cdot M^2 (\mu\beta)^4,$$

где $1 - \beta = p' : P$ (p' — лучистое давление, P — газовое давление, M — масса звезды, μ — молекулярный вес). Но поскольку лучистое давление p' , как и светимость звезды L , зависит от генерации энергии в звезде и от непрозрачности звездного материала, то уравнение Эддингтона дает

однозначную связь массы M со светимостью L , если известен молекулярный вес вещества звезды.

Уравнение Эддингтона подверглось жесточайшей критике главным образом со стороны Д. Джинса и Е. Милна. Они полагали, что фундаментальная зависимость $M - L$ из одного только анализа способа охлаждения звезды не может быть установлена, и не могли объяснить, почему радиус не входит в это уравнение. Джинс взял под обстрел все идеи Эддингтона, ввел в рассмотрение жидкие звезды и генерацию энергии от сверхтяжелых элементов, Милн же, став на формальную точку зрения о том, что недра звезды ненаблюдаемы, захотел сформулировать для звезд принцип неопределенности.

Неправые в своих построениях, Джинс и Милн были правы, критикуя эддингтонову зависимость $M - L$. Эддингтон заблуждался, но смысл его ошибки вскрывается постепенно.

Уже в 1926 году Г. Фохт вывел теорему «однозначности» (Eindeutigkeitsatz) строения звезды, согласно которой распределения давления, плотности, температуры, а вместе с ними — светимость, эффективная температура и другие параметры в стационарном и квазистационарном состоянии звезды зависят лишь от ее массы и химического состава. Если две последние характеристики известны, то и все строение звезды будет определено однозначно. Теорему эту называют теоремой Рассела — Фохта, так как Р. Рассел доказал ее независимо несколько позже.

Теорема Рассела — Фохта заставила серьезно задуматься о химическом составе звезд, и вот в 1932 году

Б. Стрёмгрен делает ряд успешных исследований в этом направлении. Прежде всего он находит причину разнобоя между астрономическим и физическим значениями константы в формуле Крамерса для непрозрачности звездного вещества. Это — резкая недооценка содержания водорода в звезде. Эддингтон считал, что в звездах водород встречается в тех же количествах, что и на Земле, а нужно было взять космическое содержание водорода, какое наблюдается в газовых туманностях. Коэффициент пропорциональности в формуле Крамерса от сильного уменьшения среднего молекулярного веса существенно уменьшится и сблизится со значением, которое дает физика. Новое рассмотрение дало новое выражение $M-L$, совершенно непохожее на эддингтоново:

$$\kappa_0 L = \text{const} \frac{M(5,5 + \alpha)}{R(0,5 + 3\alpha)} \cdot \mu^{7,5} (\alpha < 1),$$

где κ_0 — численный множитель, зависящий от содержания водорода и тяжелых элементов, R — радиус звезды.

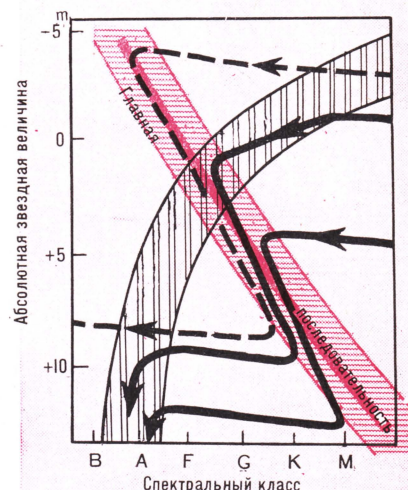
Благодаря высокой степени, в которой сюда входит μ , можно отважиться на определение содержания водорода в отдельных звездах, что Стрёмгрен и сделал. Вместе с тем он интерпретировал главную последовательность диаграммы Герцшпрунга — Рассела как места сгущения линий одинакового содержания водорода. В этой полосе звезды, эволюционируя, сохраняют свою массу, но содержание водорода в них уменьшается. Изолинии шли по диаграмме так, как располагались на ней звезды отдельных скоплений.

Возражения Джинса против моде-

ли Эддингтона повлекли за собой рассмотрение вопроса об устойчивости звезды. Более серьезные последствия имели возражения Милна. Он подхватил идею вырожденной материи, только что появившуюся в физике, и реализовал ее в своих моделях звезд, которые состояли из коллапсировавшего ядра в конвективном равновесии, окруженного лучистой оболочкой.

Одновременно С. Чандрасекар подошел к конфигурациям звезд, состоящих из вырожденного газа. На основе строгого закона связи давления и плотности, действующего при очень больших плотностях, он построил теорию белого карлика, которая проверена сейчас сорока годами благополучного существования. Загадочные и аномальные белые карлики подчинились теоретическому анализу гораздо раньше, чем нормальные звезды, а причина лежала в том, что связь между давлением и плотностью у вырожденной материи от температуры не зависит. Это дало возможность установить для белых карликов простую зависимость $M-R$.

В середине 30-х годов стал расти интерес к конвективным движениям внутри звезды, к той самой конвекции, от которой Эддингтон отвернулся в своей теории. А между тем назревало открытие термоядерных источников звездной энергии и ученые предполагали, что эффективность термоядерных реакций сильно зависит от температуры. Это делало конвекцию неизбежной в центре звезды, причем, как показал еще в 1932 году Л. Бирман, конвективный перенос тепла, если он возник,



значительно превзойдет лучистый. Поэтому большой успех имела разработанная Т. Каулингом в 1935 году звездная модель с точечным источником энергии. Вся генерация энергии была сосредоточена в конвективном ядре, которое находилось в состоянии лучистого равновесия. Ядро окружала оболочка без источников энергии. Существование конвекции было доказано также и в периферических слоях звезды, под фотосферой, где происходит ионизация водорода.

Работа теоретиков над внутренним строением звезды сопровождалась попытками построить картину звездной эволюции. В описываемый период все еще господствовала схема Рассела (1913 г.), согласно кото-

Схема звездной эволюции с потерей массы (по Расселу). Показаны эволюционные треки звезд различной массы на диаграмме «спектр — светимость». Предполагается, что лучеиспускание происходит за счет расходования массы (до полного истощения звезды). Находясь в полосе гигантов, звезда расходует гипотетическую «материю гигантов», а в области главной последовательности — «материю карликов». Эволюция звезд протекает от холодного к горячему состоянию. Больше всего времени звезда проводит на главной последовательности (указана ее осевая линия)

рой эволюция шла от холодной большой звезды к горячей малой, то есть от сконденсировавшегося из межзвездного вещества гиганта к маленькому, но горячему карлику, затем эволюционирующему вниз по главной последовательности. Еще в 1927 году Рассел детализировал эту картину эволюции, вводя абстрактные «вещество гигантов» и «вещество карликов», которые доставляют звезде энергию. Если справедлив закон $M-L$ Эддингтона, эволюция, предложенная Расселом, должна была протекать с потерей массы иногда довольно значительной (до 95%), а долголетие звезды измерялось триллионами лет.

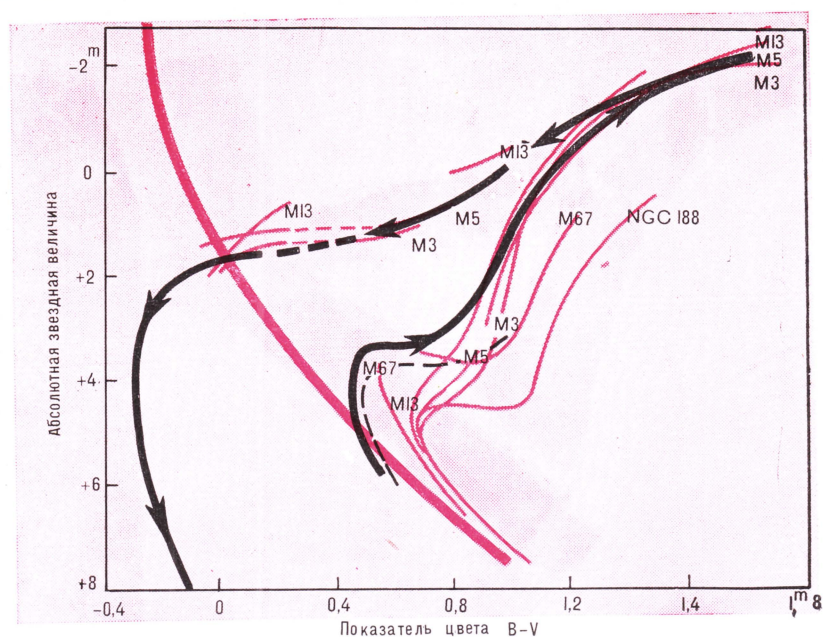
Установление зависимости от радиуса закона $M-L$ заставило серьезно задуматься, почему данный закон эмпирически одинаков для гигантов и карликов? По теореме Рассела — Фохта это должно быть следствием разного химического состава. То же предполагал Э. Эпик еще в 1922 году, а спустя десятилетие доработал в количественной форме Стрёмгрен.

Именно ядро звезды становилось местом, где происходят радикальные изменения химического состава. Ядро может исчерпать свои возможности генерации энергии и без источников ее стать мертвым, изотермическим. Но тогда нужно, чтобы между ядром в пору его жизнедеятельности и оболочкой не было перемешивания вещества. Этот вывод был проверен в последующих работах, вопреки утверждению Эддингтона.

Удивительным образом еще в 1938 году Эпик качественно описал

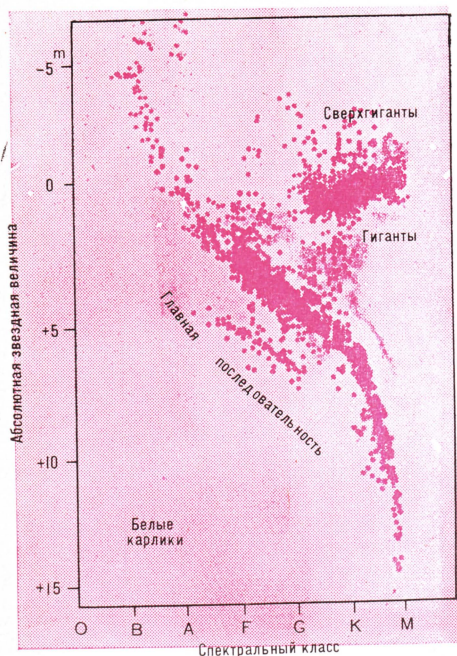
происходящие при этом изменения облика звезды, но опубликовал он свою работу в малораспространенном издании (как некогда Герцшпрунг об открытии гигантов и карликов). Его предвидения подтвердили в 1942 году Е. Шенберг и С. Чандрасекар, а в 1952 году — М. Шварцшильд и А. Сэндейдж. Первые два автора теоретически показали существование ядра с более высоким молекулярным весом, когда по исчерпанию источников в ядре выделение энергии начнется в слое, непосредственно примыкающем к ядру. Вторые два автора обнаружили, что в последнем случае ядро сожмется и разогреется, а слоевой источник станет выделять энергию интенсивнее, нагревая оболочку, которая расширится. Так в звездном мире появится еще одна звезда-гигант.

Эволюционные треки звезд на диаграмме «цвет — светимость», аналогичной диаграмме «спектр — светимость» (современные представления). Красной линией показана осевая линия главной последовательности. На диаграмме нанесены и осевые линии расположения звезд для разных звездных скоплений



Итак, в начале 50-х годов усилиями целого поколения теоретиков наконец было определено в общих чертах строение и карликов, и гигантов, и белых карликов. Выработанные представления покоятся теперь на прочном основании найденных перед войной Г. Бете и К. Вейцекером ядерных реакций углеродно-азотного цикла и протон-протонной. Потребовалось четверть столетия, чтобы сбылась надежда, высказанная Эддингтоном в его знаменитой монографии: «Можно осмелиться отдать себя надежде, что мы уже не в очень отдаленном будущем будем в состоянии понять такую простую вещь, как звезда».

И сколько на этом пути было ошибок, споров и разочарований! Мнимые успехи Эддингтона, метанье Милна от одной идеи к другой, общепризнанная оценка Стрёмгренем содержания водорода в звездах, оказавшаяся неправильной, противоречия между теорией и эмпирическим материалом, полученным П. П. Паренго и А. Г. Масевич, которые авторы пытались устранить, прибегнув к идее эволюции с потерей массы, а в самом начале — живучая, но неверная картина эволюции звезд от красных гигантов к горячим карли-



кам, развитая Расселом!.. Что это было: только бесполезные шумы, скрадывающие истинный сигнал, или что-то все-таки шло в «общую копилку» человеческого знания?

Если бы эти ошибки, заблуждения существенно мешали продвижению истинного знания или если бы они порождались действительным желанием «нашуметь» в науке, а не бескорыстным стремлением к познанию, я отнес бы их к шумам. Но ведь в разнообразных работах Милна по внутреннему строению звезд содержалась критика теории Эддингтона, которая выявила, что было в этой теории неверным и заставляла искать новое, правильное. Первые работы Стрёмгрена качественно оказались верными и открыли новые пути. Накопленный П. П. Паренаго и А. Г. Масевич эмпирический материал о звездных характеристиках дал возможность проверить идею о неоднородности химического состава звезд. Наконец, даже эволю-

ционный путь звезд, намеченный Расселом и признанный неверным после того как была создана правильная модель красного гиганта, возродился в работах Ч. Хаяси, но уже в применении к звездам еще неоформившимся, еще не вступившим на главную последовательность. Думаю, что ко всем этим работам, как ко всякому виду истинной творческой деятельности, можно отнести слова В. Г. Белинского, сказанные им о повести М. Ю. Лермонтова «Бэла»: «Эта повесть вышла не из желания заинтересовать публику исключительно любимым ею родом литературы, не из слепого подражания делать то, что все делают, но из того же источника, из которого вышли и его стихотворения — из глубокой творческой натуры, чуждой всяких побуждений, кроме вдохновения».

Немалые услуги оказали теории внутреннего строения звезд и двойные звезды. Сейчас вспомогательная роль двойных звезд вообще в астрономии сильно возросла и выяснилось их особое место в звездной эволюции. А так как звезды двойные, пожалуй, многочисленнее одиночных, то исследование двойных систем открыло путь к многостороннему изучению эволюции звезд, особенно на поздних стадиях существования. Все это стало возможным благодаря открытию рентгеновских звезд, за что астрономы должны быть признательны расцвету космических исследований.

Первым был обнаружен рентгеновский источник в созвездии Скорпиона — Скорпион X-1. Его удалось «привязать» к звезде 12-й ве-

личины, которую оптическая астрономия с помощью своих средств обстоятельно исследовала и установила расстояние до нее. После этого можно было вычислить поток рентгеновского излучения, исходящий из звезды. Оказалось, что Скорпион X-1 в рентгеновской области (от 1 до 10 кэВ, или от 10 до 1 Å) излучает $5 \cdot 10^{36}$ эрг/с, что в тысячу раз больше полного излучения Солнца. Правда, это излучение сильно переменное и бывает иногда значительно слабее. В оптическом диапазоне оно тоже переменное.

С развитием наблюдательной техники было открыто около двухсот источников рентгеновского излучения, причем многие из них проявляли себя лишь в период непродолжительных вспышек, оставаясь недоступными в остальное время. Так, вспыхнувший в созвездии Единорога в августе 1975 года рентгеновский источник в максимуме блеска был в 3 раза ярче Скорпиона X-1, а отстоит он от нас, по-видимому, раз в 5 дальше, так что истинное его рентгеновское излучение примерно 10^{38} эрг/с — уже на четыре порядка мощнее солнечного излучения! Потом источник в созвездии Единорога сильно ослабел.

Откуда же берется энергия рентгеновского излучения и почему она так изменчива?

Спектр большинства рентгеновских источников соответствует излучению плазмы, нагретой до 10 млн. градусов и выше. Это — тепловое излучение. Возможно, что в ряде случаев проявляются и нетепловые механизмы излучения, действующие в сильных магнитных полях, но их

Диаграмма Герцшпрунга — Рассела, построенная П. П. Паренаго. Для ее построения использовались многочисленные сотни звезд с хорошо изученными характеристиками

роль незначительна. Плазма, интенсивно излучающая в рентгеновском диапазоне, должна быть достаточно плотной — не меньше 100—1000 частиц в 1 см^3 . В окружающей же звезде обычной межзвездной среде плотность около 1 частицы в 1 см^3 . Откуда же берется такая плотная и горячая плазма? Изучение тесных двойных систем за предшествующие два десятилетия подготовило ответ на этот вопрос.

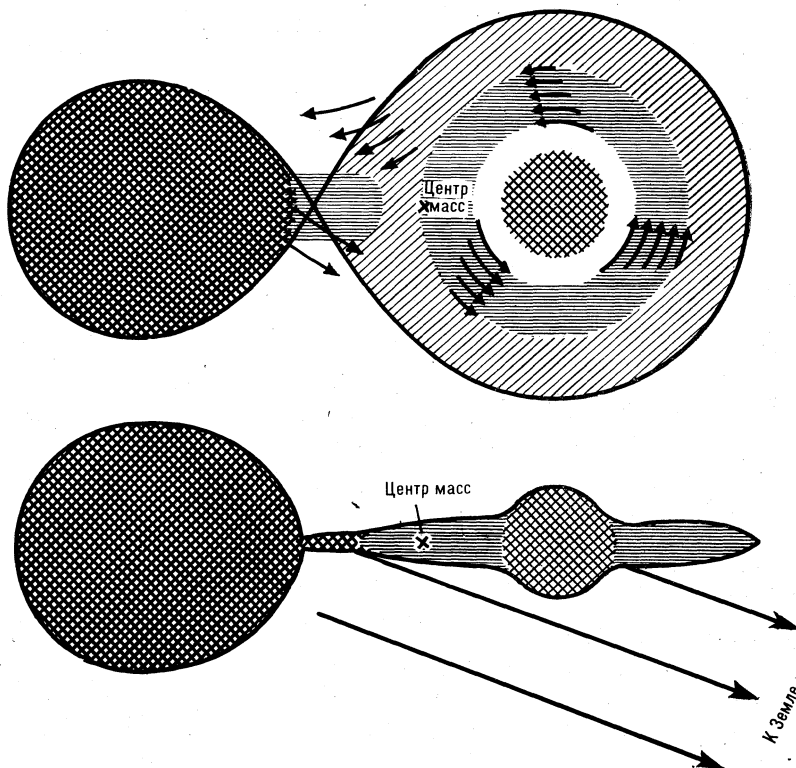
Спектральные и фотометрические наблюдения показали, что в тесных звездных парах почти всегда происходит интенсивный выброс вещества из одного или обоих компонентов системы. Скорость движения этих газовых масс весьма велика и достигает сотен километров в секунду. Часть их выносится вовсе за пределы двойной системы, а часть попадает на соседнюю звезду, смешиваясь с ее атмосферой. Скорости встречи превышают скорость звука, так что образуется ударная волна, за фронтом которой температура сильно возрастает. Газовые потоки между компонентами пары бывают очень мощными, и если, скажем, в этой паре происходят затмения, то на отчетливую картину затмения одной звезды другою накладываются затмения газовых потоков, которые хорошо прослеживаются во время спектральных наблюдений. Особенно заметны потоки в звездах Вольфа — Райе и у новых звезд после вспышки. Горячий компонент в таких системах, возвратившись к исходному состоянию, оказывается окруженным газовой оболочкой, которую непрерывно «питает» более холодная соседняя звезда. Разогрев

горячего компонента, однако, невелик, возникающее на соседней звезде горячее пятно имеет температуру всего лишь около 30 тыс. градусов.

Другое дело, если компонент, принимающий газовый поток, обладает мощным гравитационным полем, подобно нейтронной звезде, проявляющей себя как пульсар*.

Нейтронные звезды — это малые тела радиусом в 20—30 км при массе, несколько превышающей солнечную. Вещество, стекающее с поверхности соседней (оптической) звезды, не обязательно «падает» на нейтронную звезду. Оно может скапливаться около звезды, образуя вокруг нее быстро вращающийся газовый диск. Если приходящий от соседнего компонента газовый поток мощный, что бывает у сверхгигантов и звезд Вольфа — Райе (потеря массы у них

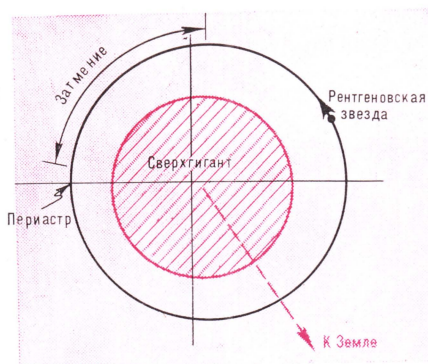
* Имеются в виду радиопульсары, открытые 10 лет назад благодаря быстрой пульсации их радиоизлучения. Периоды этих пульсаций от нескольких секунд до 33 миллисекунд.



достигает 10^{-5} солнечной массы в год), то возле нейтронной звезды возникает мощная ударная волна, в которой движение частиц сильно тормозится, и они скатываются далее на поверхность нейтронной звезды по силовым линиям ее очень сильного магнитного поля. Происходит своеобразная фокусировка частиц, которые, в большом количестве падая в сильном гравитационном поле, порождают интенсивное рентгеновское излучение.

Подобное приобретение вещества звездой из окружающей среды называется аккрецией. В данном случае это — гравитационная аккреция, так как газовые потоки, падая в поле нейтронной звезды, отдают свою гравитационную энергию, которая затем переизлучается в рентгеновском диапазоне.

■ *Модель тесной двойной системы (в двух проекциях). С одного компонента этой системы вещество перетекает к другому, образуя вокруг него диск — тор*



Придуманы различные механизмы гравитационной аккреции для объяснения разного рода рентгеновских источников (подробнее см. Н. И. Шакура. Нейтронные звезды и «черные дыры» в двойных звездных системах. М., «Знание», 1976). А они действительно разные. Но у одной группы их есть такой общий признак — они являются тесными двойными системами. В шести случаях найдены оптические представители этих систем и изучение идет комплексно в видимой и рентгеновской областях спектра. В добром десятке рентгеновских источников, вспыхнувших на короткое время, теория аккреции объясняет их непродолжительное существование и большую переменность как оптического, так и рентгеновского излучений. Ведь истечение вещества из оптической звезды — процесс непостоянный, зависящий от жизнедеятельности звезды (как, например, солнечная активность), поэтому аккрецируемый поток непостоянен и непостоянно рентгеновское излучение.

Маленькая нейтронная звезда иногда создает своим рентгеновским излучением на оптическом компоненте очень горячее пятно, которое вызывает переменность блеска этого компонента, поскольку система вращается. Само по себе вращение очень регулярно, в результате такие изменения блеска в основе своей тоже правильны — в классической теории они известны под названием эффекта отражения. Но здесь блеск меняется под влиянием переменного рентгеновского облучения, и поэтому оптические изменения блеска имеют и правильную, и неправиль-

ную составляющие. У такой двойной системы, как Геркулес X-1, преобладает первая, у Скорпиона X-1 — вторая. Рентгеновские звезды очень разнообразны в своих проявлениях и доставляют исследователю множество поводов для размышлений. Особенно важно выяснить место рентгеновских звезд в звездной эволюции, а для этого необходимо определить массу компонентов.

По аналогии с пульсарами мы отнесли рентгеновские компоненты к нейтронным звездам, так как у них тоже наблюдаются пульсации излучения, только не в радиодиапазоне, а в рентгеновском. И периоды пульсаций сходны: например, у Геркулеса X-1 — 1,24 секунды, у Центавра X-3 — 4,8 секунды, так что идея о сверхбыстром вращении, которое возможно только у малой звезды, здесь вполне применима. А если считать, что быстрое вращение есть результат сильнейшего сжатия некогда нормальной звезды, то становится неизбежным и существование у нейтронной звезды исполинского магнитного поля. Такое поле необходимо для объяснения многих явлений у пульсаров, потому что плазма сильно взаимодействует с магнитными полями.

Однако при периодах пульсаций больше одной секунды возможна альтернатива — реальные пульсации

«тела» белого карлика, обладающего магнитным полем. И тогда решающим в выборе модели рентгеновского источника будет масса звезды. Чаша весов в пользу белого карлика склоняется сильнее при еще больших значениях периода пульсации, как, например, у Парусов X-1 (284 с) или вспыхивавших на короткое время источников в созвездиях Центавра (405 с) и Тельца (114 с).

Прямое определение массы таких звезд, как белые карлики или нейтронные, возможно только по их гравитационным эффектам, которые проявляются в орбитальном движении вокруг общего центра масс, если интересующая нас звезда входит в тесную двойную систему. Радиопульсары (за исключением одного) не бывают членами двойных систем. Рентгеновские же пульсары, по-видимому, все обладают спутниками. И тогда классическая теория тесных двойных позволяет определить массы звезд, входящих в пару. К сожалению, это возможно только тогда, когда наблюдается орбитальное движение обоих компонентов. Такой благоприятный случай мы встречаем лишь у одной рентгеновской звезды — у Парусов X-1. Для всех остальных мы оцениваем примерное значение массы. В двойной системе Парусов X-1 рентгеновская звезда массой не меньше 1,4 солнечной сочетается в орбитальном движении с горячим сверхгигантом, масса которого около 21 массы Солнца, а радиус в 34 раза больше солнечного. У всех остальных рентгеновских звезд массы приблизительно оцениваются в 1—2 солнечных, кроме источника Лебедь X-1, масса которого

Модель рентгеновского источника Паруса X-1. Оптическая звезда системы — сверхгигант HD 77581 с массой около 21 солнечной и радиусом 34 солнечных. Рентгеновская звезда в этой системе имеет массу примерно 1,4 солнечной



не меньше 9 солнечных. Но это особый случай.

Теория внутреннего строения звезд указывает на невозможность существования белого карлика с массой, большей 1,2 солнечной, тогда как нейтронные звезды могут обладать значительными массами — порядка 1,5—3 и даже 5 масс Солнца. Таким образом, большинство рентгеновских звезд правдоподобнее считать нейтронными звездами. Но и нейтронной звезды с массой 9 солнечных быть не может. Звезда такой массы, ставшая нейтронной, катастрофически сжимается до состояния столь высокой плотности, что излучение не может уйти к внешнему наблюдателю, звезда замыкается в себе, она сохраняет связь с остальным миром только через гравитацию. Это будет черная дыра. Черные дыры, предсказанные общей теорией относительности, — чисто теоретические объекты и, несмотря на усиленные поиски, во Вселенной не обнаружены. Рентгеновский источник Лебедь X-1, по-видимому, первый кандидат на это звание по своей массе и рентгеновскому излучению. Вокруг черной дыры, находящейся по соседству со звездой, которая «питает» ее потоками газа, образуется горячий газовый диск, точнее, тор. В нем газовые частицы совершают движение по спирали, все теснее приближаясь к самой черной дыре с ее невообразимо сильным полем тяготения. В зависимости от темпов поступления в диск газовых масс, температура их возрастает до 10 млн. градусов, а рентгеновское излучение будет больше или меньше. При аккреции 10^{-8} —

10^{-9} масс Солнца в год излучение в рентгеновском диапазоне может достигнуть наблюдаемой величины 10^{38} эрг/с.

Когда сопоставляешь радиопульсары с рентгеновскими пульсарами, прежде всего бросается в глаза то, что из более 150 известных радиопульсаров лишь один принадлежит к двойной системе и лишь у одного пульсара (в Крабовидной туманности) замечено рентгеновское излучение. Наоборот, из 150 рентгеновских источников уже у семи обнаружены все признаки двойственности и у двух во время бурной вспышки рентгеновского излучения наблюдалось сильное радиоизлучение. Правда, природа 90% рентгеновских источников остается загадочной, но принадлежность части их, именно рентгеновских пульсаров, к двойным системам не вызывает сомнения.

Столь своеобразная картина встречает и специфическое объяснение. И рентгеновские, и радиопульсары рассматриваются как конечный продукт вспышки сверхновых, входящих в состав той или иной двойной системы. Один из компонентов, опередив в своем развитии другого, в результате трансформации химического состава в процессе эволюции взрывается, разбрасывая вещество во все стороны. В одном случае вспышка истощает себя, в другом — оставляет часть вещества в компактном состоянии релятивистской звезды — белого карлика, нейтронной звезды или черной дыры. Но путь эволюции может здесь разветвиться: либо за пределы двойной системы выбрасывается так много вещества, что система распадается и каждый

компонент превращается в одиночную звезду, либо система все-таки сохраняет целостность, но орбита становится сильно эксцентричной. В первом случае один из компонентов покидает систему в качестве одиночного радиопульсара. Во втором — он остается подверженным всем воздействиям со стороны звезды-соседки, в том числе и таким, которые превращают его в рентгеновский пульсар. И лишь при особенно мощном воздействии со стороны второго компонента этот пульсар становится также источником радиоизлучения.

Вспышки сверхновых I типа не разрушают систему, а сверхновых II типа приводят к полному распаду системы. Остаток сверхновой обнаруживает себя пульсирующим радиоизлучением, в то время как другой компонент бывшей пары скитается где-то, не привлекая к себе внимания. Наоборот, после вспышки сверхновой I типа двойная система сохраняется, и мы находим в ней при определенных благоприятных условиях рентгеновский источник.

Как будто все приведено в ясность и всего лишь за одно десятилетие объекты совершенно нового типа открыты и объяснены. Увы, нет! Все, что изложено здесь, — красивые теории. Они очень правдоподобны и, быть может, близки к истине. Но есть в них одно уязвимое место.

К вспышке сверхновой звезда приходит в результате долгой эволюции. А компаньоны рентгеновских звезд — горячие и массивные, которые мы привыкли считать молодыми, самыми молодыми среди известных нам звезд. В сходных случаях тесных



двойных систем теория объясняет это так: еще задолго до вспышки большая часть массы звезды — будущей сверхновой — перетекла на звезду-спутницу, после чего звезда взорвалась. В двойной системе главенствующим стал теперь омоложенный вторичный компонент, который подпитывает своими газовыми потоками остаток сверхновой.

Качественно такое объяснение годится. Но никто еще не произвел необходимых расчетов. Звезда массой 25 солнечных, как горячий сверхгигант в системе Парусов X-1, может иметь возраст 1—3 млн. лет, а для исчерпания возможности продолжить «респектабельное» существование и стать кандидатом на сверхновую второй звезде нужны многие десятки миллионов лет, даже если она будет перебрасывать часть своего вещества соседке.

Так чем же объяснить такое странное сочетание компонентов в двойных системах с рентгеновскими звездами? Может быть, для ответа на этот вопрос потребуются еще десять лет? Боюсь, что и этого будет мало.

Мы застали всю рассказанную здесь проблему *in statu nascendi* (в состоянии рождения), как говорят химики. Но это и есть обычное состояние науки. По словам А. Пуанкаре, в науке «проблема никогда не бывает решенной полностью, а лишь более или менее».

Эта мысль находит хорошее подтверждение в истории радиоастрономии. Как известно, она родилась из наблюдений, выполненных молодым радиоинженером К. Янским. Уже в конце 1930 года он распола-

гал богатым материалом о направленности радишумов на волне 14 м. Астроном Скелетт помог ему установить, что часть этих шумов исходит из Млечного Пути. Работы Янского стали известны в кругу астрономов, но в течение восьми лет ни он сам (Янский рано умер), ни кто-то другой этим не занимался. Только в 1937 году американский радиолюбитель инженер Г. Ребер, прочитав статьи Янского, построил деревянное, гальванизированное железом 10-метровое параболическое зеркало и стал искать космические шумы на волне около 2 м. Наблюдения в 1938—1939 годах принесли ему полный успех. Регулярная регистрация радиоизлучения из галактического центра началась в апреле 1939 года, затем был подтвержден ряд объектов, замеченных Янским. Свои результаты Ребер опубликовал в «*Astrophysical Journal*» в 1940 году в предварительной форме и в 1944 году — в виде обстоятельной статьи, которая на нас, астрономов, произвела неизгладимое впечатление.

Итак, в этом крупнейшем для астрономии событии, давшем совершенно новое средство исследования Вселенной, в сущности, открытия не было. Радиоастрономия возникла из внимательного и прозорливого наблюдения и была диалектически развита затем до полноценного метода и достоверных результатов. Замечу, кстати, что открытие радиоизлучения Солнца, которое приписывают Г. Саусворсу (США) и Дж. Хею (Англия), относя его к 1942 году, тоже не было открытием в банальном понимании этого слова. Английские радиолюбители регистрировали солнечное радиоизлуче-

ние с 1935 года, а в 1937 году один из них указал в печати на то, что свистящие помехи исходят из Солнца. Японец Аракава утверждал то же в 1936 году.

Сейчас на Земле население достигло 4 млрд., а 50 лет назад оно не превышало 2 млрд. Население городов за те же 50 лет выросло в 4 раза. Но численность научных работников растет более чем в 2 раза быстрее и в настоящее время превышает число их в 1925 году почти в 10 раз. Во столько же раз больше число публикуемых работ, которые должен прочитать научный работник, чтобы быть в курсе последних достижений. Но я верю в непрерывное совершенствование человека и в спорте, и в мышлении и думаю, что сейчас, как и в далеком будущем, астроном сможет оставаться «на высоте», не сужая свои интересы. Будут только все больше и больше расчленяться привычные нам разделы науки. Наука стала уже производительной силой, а ее носители и их печатная продукция, в том числе и в астрономии, доступны социально-логическому и статистическому анализу.

Я жду, я верю, что разумное человечество преодолет все мрачное, что досталось ему из прошлого и сейчас мешает его развитию, — на то оно и разумно. И тогда познание природы, которую мы познаем, как дети узнают своих родителей, будет нескончаемо плодотворным. Я верю, что наука Советского государства будет в этом процессе ведущей и светлой силой!



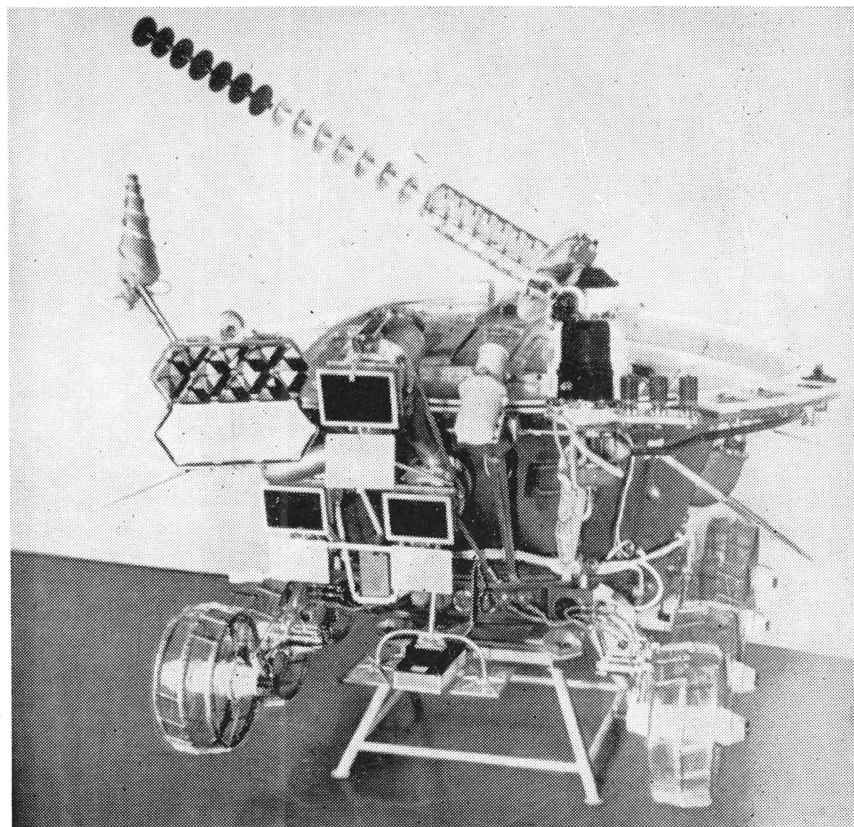
Профессор
Г. Е. КОЧАРОВ
Кандидат физико-математических
наук С. В. ВИКТОРОВ
Кандидат физико-математических
наук В. И. ЧЕСНОВ

Спектрометр РИФМА-М на Луне

Два советских самоходных аппарата «Луноход», проводившие комплексные исследования лунной поверхности, изучали химический состав грунта вдоль трассы своего движения. Каковы результаты этих исследований и что нового мы узнали о Луне!

РЕНТГЕНОВСКИЕ СПЕКТРЫ РАССКАЗЫВАЮТ О СОСТАВЕ ГРУНТА

С ноября 1970 по октябрь 1971 года на Луне работала первая автоматическая самоходная лаборатория «Луноход-1». Одиннадцать месяцев — рекордный по длительности срок активного существования космического аппарата на поверхности иного небесного тела — «Луноход-1» изучал топографию Луны; определял химический состав и физико-механические свойства лунного грунта; изучал радиационную обстановку в окололунном пространстве и на поверхности Луны; исследовал рентгеновское космическое излучение; проводил эксперименты по лазерной локации Луны. В число разнообразной научной аппаратуры, которой был оснащен «Луноход-1», входил и спектрометр РИФМА для исследования химического состава лунного грунта. Этот прибор хорошо перенес все превратности старта, перелета к Луне, мягкой посадки на ее поверхность и успешно работал в труднейших лунных условиях — в глубоком вакууме, при интенсивной космической радиации и перепаде дневной и ночной температур от +120 до —150° С. Спектрометр РИФМА впервые определил методом рентгенов-

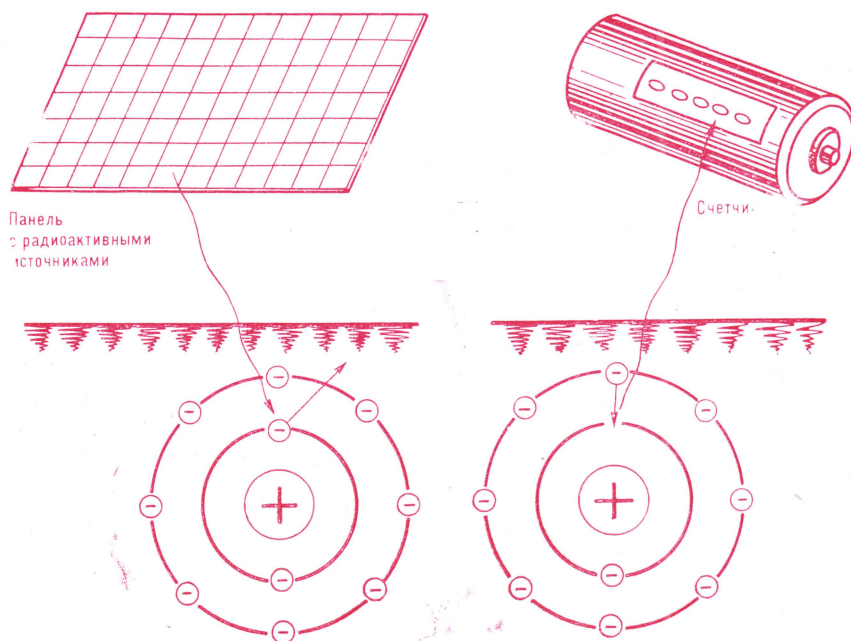


ского спектрохимического анализа химический состав другого небесного тела непосредственно на его поверхности.

Откуда взялось у прибора несколько странное и в то же время поэти-

■
«Луноход-2» со спектрометром РИФМА-М, который исследовал химический состав лунного грунта. Спектрометр помещен между передними колесами лунохода на высоте 30 см от поверхности грунта

ческое название РИФМА? РИФМА расшифровывается как рентгеновский изотопный флуоресцентный метод анализа. Что же это за метод? Если радиоактивным источником облучать какое-либо вещество, то под воздействием излучения его атомы переходят в возбужденное состояние: один из электронов, обращающихся по внутренней оболочке атома, покинет ее; освободившееся место сразу же займет электрон с внешней оболочки. Такое состояние неустойчиво.



Возбуждение снимается, когда атом испускает квант рентгеновского излучения. Очень важно, что энергия этого кванта постоянна для данного «сорта» атома. Атомы каждого химического элемента излучают рентгеновские кванты строго определенной энергии. Такое рентгеновское излучение называется характеристическим. Это излучение (число квантов данной энергии) измеряется специальными счетчиками. Их называют пропорциональными, потому что амплитуда импульсов пропорциональна энергии фотонов («Земля и Вселенная», № 6, 1970, стр. 24—32.—Ред.). Счетчики определяют, сколько фотонов и какой энергии испущено веществом. Величина энергии указывает на «сорт» атомов, а количество фотонов говорит об их числе.

Принцип рентгеновского изотопного флуоресцентного анализа. Радиоактивное излучение «выбивает» электрон с внутренней оболочки атома. На его место сразу же переходит электрон, обращающийся по внешней оболочке. При этом испускается квант рентгеновского излучения, который регистрируется счетчиком

Радиоактивные источники спектрометра РИФМА облучали лунный грунт, характеристическое рентгеновское излучение которого регистрировалось набором пропорциональных счетчиков. Импульсы со счетчиков усиливались, обрабатывались радиоэлектронной системой и в виде кодированных электрических сигналов передавались на Землю, где происходила их дальнейшая обработка.

«ЖЕЛЕЗНЫЙ ЗОНД»

«Луноход-1» занимался определением типа пород в Море Дождей — крупнейшем кольцевом море Луны, а также исследовал степень однородности химического состава грунта вдоль трассы движения. Интерес к Моря Дождей возрос после того, как выяснилось, что в нем находится один из самых больших масконов («Земля и Вселенная», № 3, 1970, стр. 32—38.—Ред.).

Автоматическая станция «Луна-17» с «Луноходом-1» на борту совершила посадку на усыпанную кратерами плоскую равнину, где не было заметно деталей, представлявших геологический интерес. «Глазу не за что зацепиться», — шутили ученые. «Мест-

ность, лишенная естественных ориентиров», — записали в бортовом журнале штурманы лунохода. Ровный, спокойный характер рельефа не сулил большого разнообразия и в химическом составе грунта вдоль пути лунохода. И в самом деле, поверхность в той части Моря Дождей, где работал первый «лунный автомобиль», всюду сложена породами основного состава и напоминает земной базальт с высоким содержанием железа (10—12%). Эти данные свидетельствуют в пользу того, что Море Дождей, как и другие лунные моря, заполнено излияниями базальтовой лавы.

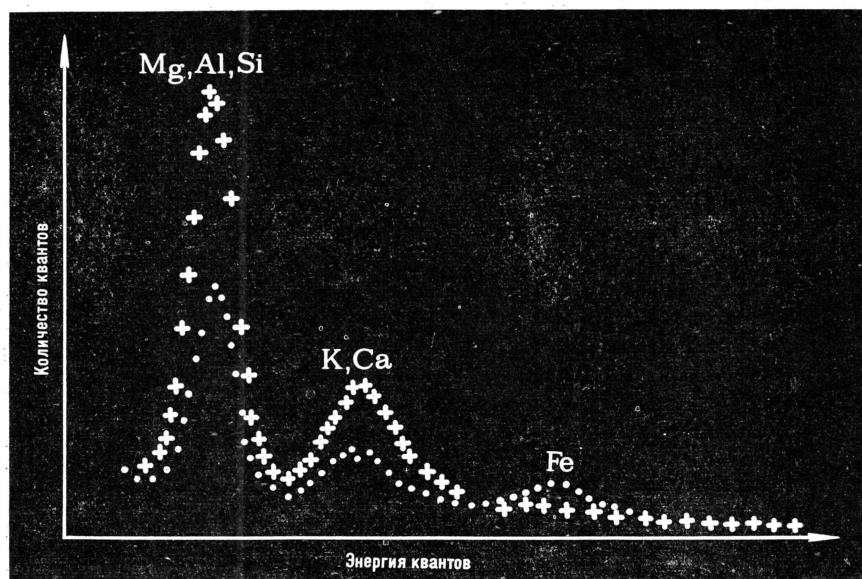
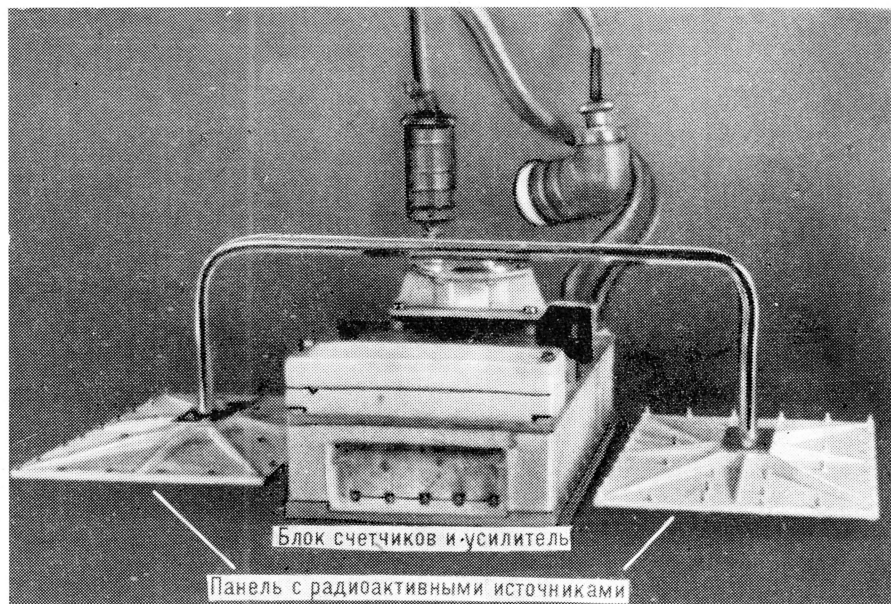
Первый эксперимент был успешно завершен. Но впереди стояли новые, еще более интересные задачи...

Когда к Луне стартовала автоматическая станция «Луна-21» с «Луноходом-2» на борту, на нашем естественном спутнике уже побывали американские экспедиции, работавшие по программе «Аполлон», и советские автоматы «Луна-16» и «Луна-20», которые доставили на Землю образцы лунного грунта. Но в ходе всех этих экспедиций изучались либо лунные моря, либо материковые районы. «Луноходу-2» предстояло впервые исследовать «переходную» зону — своеобразную границу между морем и материком. Предполагалось, что здесь, на небольшом пространстве, могут проявиться как свойства древнего материка, так и особенности образования молодой морской поверхности. Каковы размеры переходной зоны и насколько резко меняются в ней характеристики поверхности? На эти вопросы должен был дать ответ «Луноход-2».

Чтобы выяснить масштабы переходной зоны, требовалось найти какой-либо признак, достаточно четко характеризующий два существенно различных типа поверхности — морской и материковой. Просмотр данных об элементном составе лунной поверхности показал, что в материковых районах содержится 3—5% железа, а в морях его 10—12%. Если сравнить результаты анализа образцов грунта, доставленных станциями «Луна-16» и «Луна-20» (считая эти образцы достаточно типичными для морской и материковой поверхности, соответственно), то окажется, что концентрация магния и кремния в морском районе отличается от материкового в 1,1, алюминия — в 1,4, кальция — в 1,2, железа — в 2,4 раза. Таким образом, концентрация железа позволяет уверенно отличить морскую поверхность от материковой и проследить переход от одного типа поверхности к другому в зоне контакта «море — материк». Вот почему именно концентрация железа и стала определяющей в методе, который использовался для оценки типа пород, составляющих лунную поверхность.

Метод «железного зонда» был одобрен академиком А. П. Виноградовым, который увлеченно обсуждал с авторами детали подготовки эксперимента и внимательно следил за его ходом.

Задача более точного и уверенного измерения концентрации железа потребовала изменений в конструкции спектрометра. Так, были выбраны другие радиоактивные источники, эффективнее возбуждающие в грунте флуоресцентное излучение железа; разработаны и изготовлены пропор-

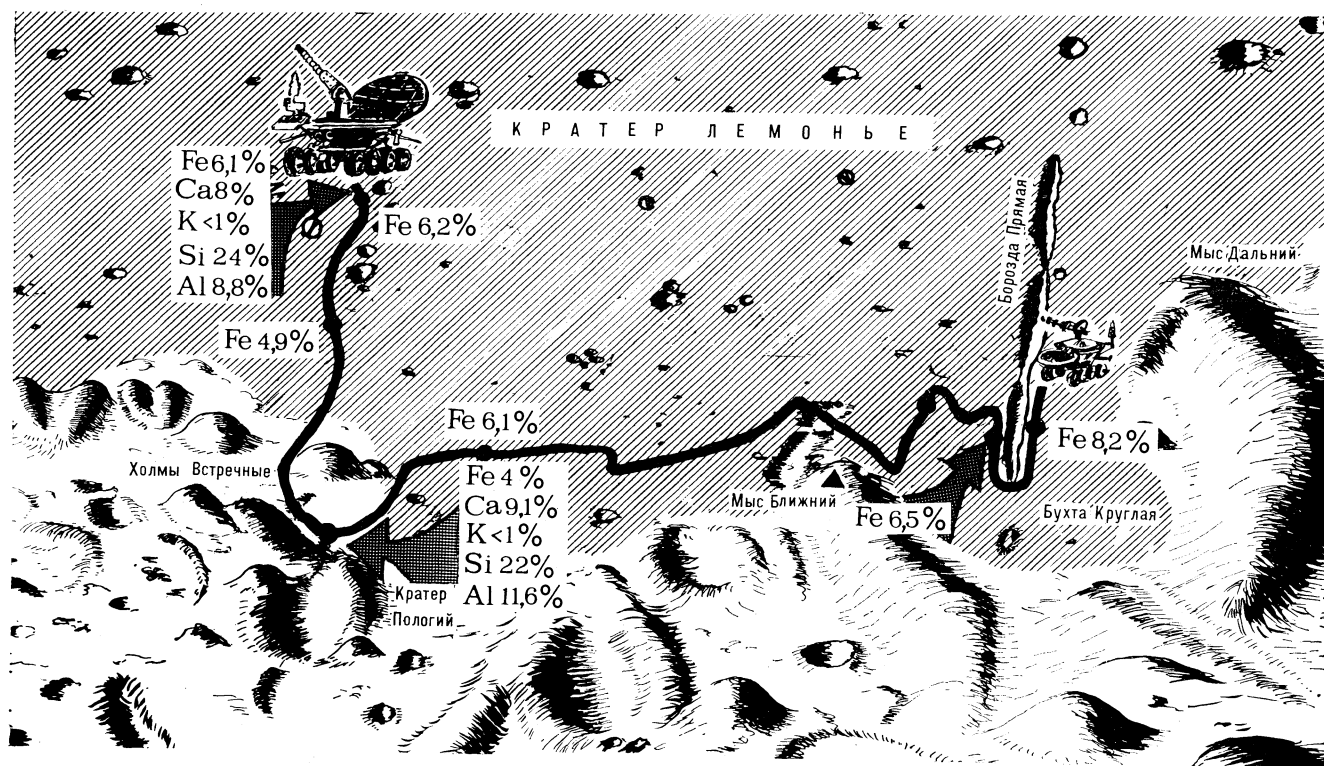


циональные счетчики, обладающие лучшими параметрами. Все это позволило повысить чувствительность и увеличить точность измерений, производимых модернизированным спектрометром РИФМА-М.

Во время подготовки к лунному эксперименту спектрометр был испытан в большой вакуумной камере. В ней моделировались условия, близкие к лунным. В камере спектрометр РИФМА-М исследовал порошкооб-

Спектрометр РИФМА-М. В центре — блок с пропорциональными счетчиками, по обе стороны от него — панели с радиоактивными источниками.

Рентгеновские спектры грунта с очень малым количеством железа, зарегистрированные спектрометром РИФМА (кресты) и спектрометром РИФМА-М (точки). Последний надежнее определяет содержание железа в грунте



разные образцы горных пород различного химического состава и разной степени измельченности. В результате этих экспериментов были составлены альбомы рентгеновских спектров, принадлежащих грунтам известного химического состава. В дальнейшем они использовались при обработке информации, полученной «Луноходом-2» на Луне.

ИССЛЕДУЕТСЯ ПЕРЕХОДНАЯ ЗОНА «МОРЕ — МАТЕРИК»

И вот все подготовительные работы позади. Назначен день пуска ракеты с «Луноходом-2» на борту. Определен и район посадки — южная часть кратера Лемонье на окраине Моря Ясности.

Море Ясности имеет четко выраженные круговые очертания. Оно входит в пояс кольцевых морей, охватывающий значительную долю видимого полушария Луны и продолжающийся на ее обратной стороне. Геологи считают чашу этого моря весьма древней. В процессе образования Моря Ясности, как предполага-

ют геологи, был частично разрушен вал и затоплено лавами днище одного из ранее существовавших на материке кратеров размером около 55 км. Этот кратер на восточной окраине Моря Ясности, названный в честь французского ученого XVIII века П. Лемонье, как раз находится в переходной зоне «море — материк».

8 января 1973 года автоматическая станция «Луна-21» с «Луноходом-2» на борту стартовала к Луне. Через восемь дней она произвела мягкую посадку в запланированном районе. Сразу же на Землю были переданы телевизионные изображения окружающей местности. С большим интересом ученые изучали панорамы, на которых были запечатлены относительно ровное днище кратера и отроги горного массива Тавр на горизонте. После схода лунохода с посадочной ступени начались комплексные исследования местности всем научным арсеналом самоходного аппарата. Измерения химического состава лунной поверхности, которые

проводил спектрометр РИФМА-М, сочетались с оценками геолого-морфологических особенностей ландшафта, изучением физико-механических свойств грунта и намагниченности лунных пород.

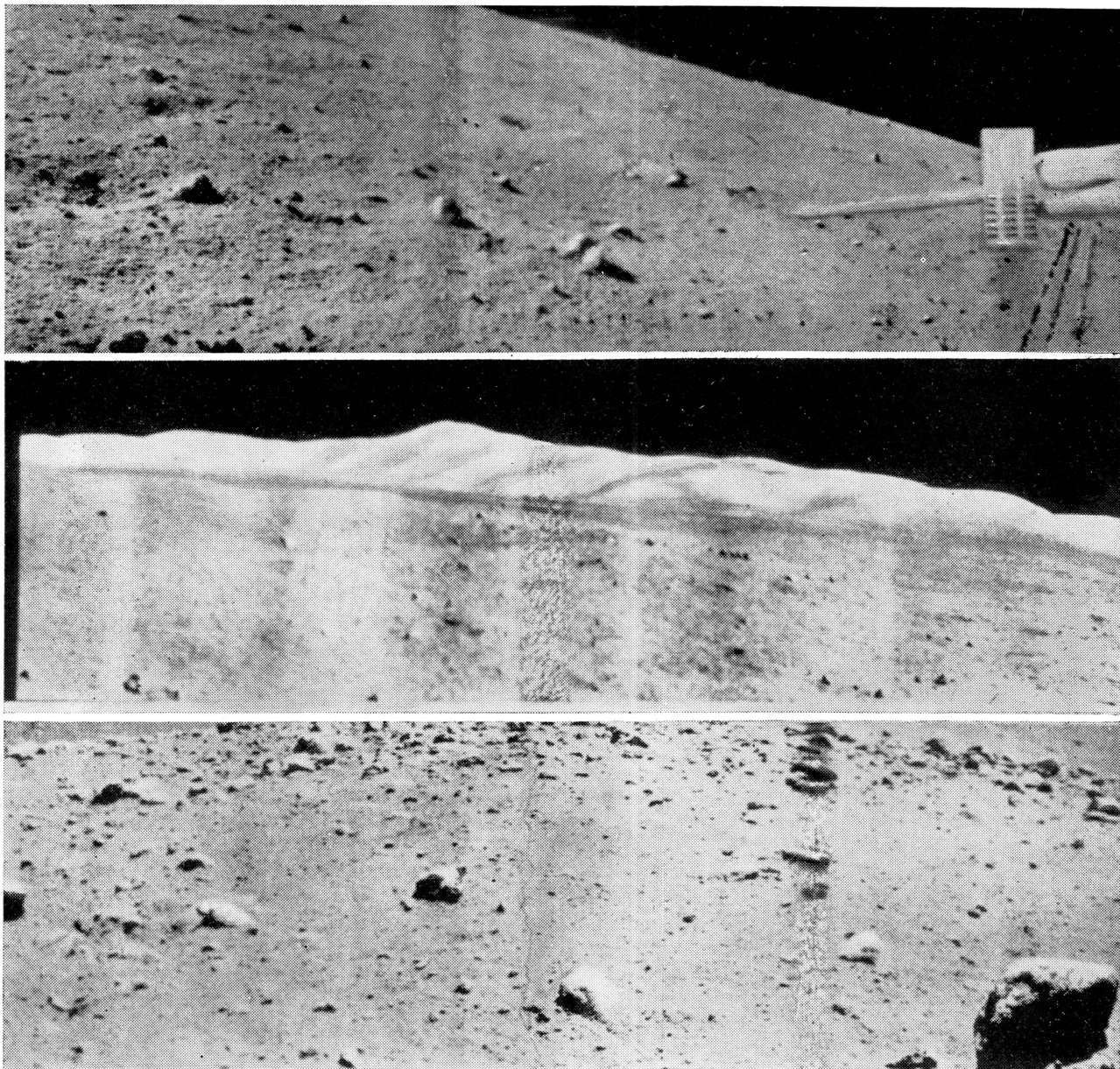
Уже первые определения химического состава грунта, выполненные недалеко от посадочной платформы — на валу кратера диаметром

■
Схема маршрута «Лунохода-2». Точками отмечены места, где измерялся химический состав лунного грунта

■
Панорама равнинной части кратера Лемонье. Здесь начал свои исследования «Луноход-2»

■
На горизонте — горный массив Тавр (панорама передана «Луноходом-2»)

■
Россыпь камней на горизонте окаймляет глубокий разлом лунной поверхности — Борозду Прямую (фрагмент панорамы, полученной «Луноходом-2»)



40 м, показали, что породы в месте посадки не могут быть отнесены к типичным морским из-за более низкой концентрации железа (около 6%). По мере продвижения «Лунохода-2» к холмам, расположенным в южном направлении, содержание железа стало падать и составило 4,9% на расстоянии 4,5 км от места посадки.

Двигаясь в южном направлении, луноход к концу второго лунного дня достиг предгорья массива Тавр. По светлomu тону поверхности, обилию холмистых гряд, малому количеству камней этот район можно считать разновидностью материковой поверхности. Здесь, по крайней мере в самом верхнем слое грунта, весьма малое содержание железа (около 4%) и повышенная по сравнению с морскими базальтами концентрация алюминия. В течение третьего лунного дня «Луноход-2» покинул предгорье Тавр и работал в кратере Лемонье. Химический состав грунта в этой части кратера мало отличался от состава поверхности в месте посадки.

В четвертый лунный день «Луноход-2» исследовал Борозду Прямую — тектонический разлом протяженностью 16 км и шириной до нескольких сот метров. Оказалось, что склоны борозды покрыты каменными россыпями, среди которых выделяются крупные (метровые) камни. В зону крупных камней луноход попал внезапно, и хотя его движение сразу усложнилось, он все же продвинулся к краю разлома и определил в этом месте химический состав поверхности. На западном и восточном склонах разлома химический состав грунта почти одинаковый, причем содержание железа (около 8%) несколько превышает его концентрацию в равнинной части исследованного района. Можно предположить, что именно на склонах разлома выходят на поверхность коренные породы, слагающие морские районы Луны.

Результаты проведенных исследований показывают, что химический состав лунной поверхности в переходной зоне меняется постепенно. Если в типично морском районе концентрация железа составляет 10—12%, то по мере приближения к материку

она плавно уменьшается до 4%. Такое низкое содержание железа характерно для земных пород аноксигенового типа, по-видимому, широко распространенных и на лунных материках.

Чем же можно объяснить постепенный характер перехода от морских районов Луны к материковым? Вероятнее всего, это вызвано перемещением лунного вещества с материковых возвышенностей в низменные морские равнины. Под воздействием ударов метеоритов и жесткого солнечного излучения лунные горные породы медленно разрушаются и измельчаются. Если привести частицы лунного грунта в движение, то из горных районов они могут скатываться под действием силы тяжести вниз по склонам, засыпая первоначально четкую линию раздела между материком и морем, сглаживая детали рельефа. Частицы материкового вещества, бедного железом, постепенно перемешиваются с измельченными морскими породами, богатыми железом. Чем дальше от материка, тем меньше эффект «разбавления» материковым веществом, тем выше содержание железа в лунном грунте. А на крутых склонах Борозды Прямой мелким частицам грунта трудно удержаться, поэтому здесь можно встретить коренные породы морских районов, лишь слегка присыпанные частицами материкового вещества. Результаты геолого-морфологического анализа панорам, изучение общего рельефа местности, особенностей материковых склонов, статистическое рассмотрение кратерных форм в переходной зоне подтверждают это предположение.

Мы привыкли к тому, что на Земле разрушение горных пород и перемещение измельченного вещества на поверхности происходят под воздействием ветра, воды и солнечной радиации. На Луне нет ни воды, ни атмосферы, зато она сильнее облучается ультрафиолетовыми и рентгеновскими потоками от Солнца, она не защищена от ударов микрометеоритов. Вполне вероятно, что эти факторы вызывают разрушение и измельчение лунных пород. Но каким образом обретают эти частицы свою подвижность? Какой механизм освобождает их от сил сцепления с соседними частицами, поднимает их?

В настоящее время особенности движения лунного вещества и механизмы взаимодействия частиц лунного грунта при таком движении детально не известны. Их изучение потребует дополнительных экспериментов.

Исследование миграции лунного вещества путем измерений характеристик грунта (и, в частности, элементного состава) в зоне раздела «море — материк» может стать эффективным методом изучения проблемы формирования современного рельефа Луны. Первые шаги уже сделаны. Исследования, которые проводились рентгеновским спектрометром РИФМА-М, установленным на «Луноходе-2», положили практическое начало этому направлению в изучении лунной поверхности.

Профессор
Л. Э. ГУРЕВИЧ
Кандидат физико-математических
наук Э. Б. ГЛИНЕР



Пространство, время и геометрия

ГЕОМЕТРИЯ И МИРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО

Эвклидова геометрия возникла как геометрия фигур, которые строятся с помощью линейки и циркуля. Но когда мы переходим к масштабам мирового пространства, «геометрия линейки и циркуля» практически неосуществима. Геометрические «построения» в космических масштабах — это обращение планет вокруг Солнца или двойных звезд вокруг общего центра масс, разбегание галактик, распространение световых лучей, которые на основании нашего земного опыта еще не так давно считали прямолинейными.

Возникает вопрос: какова связь между геометрией в космических масштабах и геометрией Эвклида?

Многие века этот вопрос казался праздным, так как знали только одну геометрию — эвклидову. Лишь в 1826 году профессор Казанского университета Н. И. Лобачевский построил геометрию, отличную от эвклидовой: в ней не был справедлив постулат Эвклида о параллельных. Н. И. Лобачевский первый обратился и к астрономическим данным, чтобы выяснить, какова геометрия реального пространства. Через восемь лет после Н. И. Лобачевского неэвклидову геометрию построил и венгерский математик Я. Боляни.

Следующий шаг сделал в 1867 году немецкий математик Б. Риман. Его идеи сводятся к следующему. Эвклидова прямая — это кратчайшее расстояние между точками. Но так будет, если расстояния задавать эвклидовым способом, считая, сколько раз укладывается в данном отрезке жест-

Что такое космическое пространство, в котором движутся небесные тела! «Великая Пустота», не наделенная сама по себе никакими физическими свойствами, кроме «свойства» быть пустой! Первый шаг к пониманию того, что это не так, был сделан, когда человек сообразил, что «Великая Пустота» несет в себе определенную геометрию.

кий масштаб. Но пространство, — говорит Риман, — непрерывное множество и поэтому само по себе не содержит внутренне присущей ему меры длины. В пространстве нет «верстовых столбов» и понятие расстояния можно определить произвольно. Скажем, в разных местах и по разным направлениям мы могли бы использовать разной длины масштабы. Очевидно, что при таком способе определения длины эвклидовы прямые, как правило, не будут кратчайшими линиями между парами точек. Ими окажутся линии, которые в эвклидовой геометрии являются кривыми. Эти аналоги эвклидовых прямых названы **геодезическими**.

Риман показал, что, задавая определенным способом расстояния, можно, например, получить геометрию Лобачевского, то есть геометрию, в которой геодезические линии удовлетворяют аксиомам и постулатам геометрии Лобачевского. Геометрии, в которых расстояния определены в широкой степени произвольно, носят название римановых.

Зачем же физику иметь дело с экстравагантными способами определе-

ния расстояний? Оказывается, они не так уж экстравагантны. Ведь масштабы к мировому пространству приложить невозможно. Предположим, мы измеряем расстояние между точками пространства по времени распространения света. Если бы оказалось, что в разных местах и по разным направлениям свет проходит от одного до другого конца эвклидова эталона за неодинаковые промежутки времени, то наш способ определения расстояний соответствовал бы римановой, а не эвклидовой геометрии! Так это или нет — вопрос опыта.

Следуя идее Римана о том, что пространство не имеет внутренне присущей ему меры длины, французский математик и физик-теоретик А. Пуанкаре высказал мысль, будто вопрос о геометрии пространства — это лишь вопрос соглашения. Он считал, что физики всегда предпочтут эвклидову геометрию. И если свет в мировом пространстве распространяется неравномерно и непрямолинейно, то они учтут это в законах распространения света, но не будут выбирать геометрию так, чтобы лучи света были геодезическими.

Однако Пуанкаре ошибся. Чтобы понять почему, мы должны обратиться к физике.

СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ

Классическая физика начинается с закона инерции — закона равномерного и прямолинейного движения в отсутствие внешних сил. Парадоксально, но классическая физика знала и закон, который сделал закон инерции бессодержательным. Это — закон свободного падения, открытый Галилеем.



Движение тел отклоняется от инерциального под влиянием различных сил: трения, электростатического взаимодействия и т. д. К числу таких сил классическая физика относила и тяготение. Однако в действительности тяготение самым радикальным образом отличается от всех других сил. Его особые свойства были открыты Галилеем и получили общее выражение в законе всемирного тяготения Ньютона. В наше время они легли в основу теории тяготения Эйнштейна. Согласно Галилею и Ньютону, все тела, на которые не действуют никакие силы, кроме тяготения, движутся в данном месте поля тяготения с одинаковым ускорением. Разумеется, если тяготение неодинаково в разных местах, то ускорения тел, удаленных друг от друга, различны: относительное движение удаленных тел в поле тяготения может быть ускоренным.

Если размеры тела велики, то в поле тяготения разные его части стремятся двигаться по-разному и возникают силы, действующие между этими частями. Перемещение массивных тел в пространстве меняет поле тяготения. Эти явления несущественны, когда речь идет о свойствах **самого поля тяготения**. Поэтому дальше будем иметь дело с телами достаточно малого размера и массы, чтобы эти явления можно было не учитывать.

Вообразим следующий эксперимент. Пусть тело движется в космическом пространстве под влиянием только тяготения. Такое тело обычно называют **свободно падающим**, независимо от того, движется ли оно радиально к источнику тяготения, подобно выпущенному из рук

камню, или, например, по замкнутой орбите, как планета. Спрашивается, может ли наблюдатель (или прибор), находящийся на свободно падающем теле, обнаружить, что он движется ускоренно, а не по инерции? Классическая физика была убеждена, что может, в то время как современная физика отвечает на этот вопрос отрицательно.

Классическая физика считала, что свет относительно пространства (или эфира) распространяется с определенной скоростью, подобно тому как звук распространяется с определенной скоростью относительно воздуха. Тогда по отношению к движущимся телам свет должен распространяться в разных направлениях с разной скоростью. Получалось, что можно измерить скорость тела относительно пространства («абсолютную» скорость), а по ее изменению со временем — и ускорение тела. Однако специальная теория относительности (сейчас неопровержимо подтвержденная проверкой ее многочисленных следствий) доказала, что невозможно определить скорость тела по отношению к пространству. Таким образом, этот способ обнаружения ускорений оказался несостоятельным.

В дальнейшем все попытки придумать способ определения ускорений в рассматриваемом нами мысленном эксперименте остались безуспешными. Ускорения, обусловленные любыми силами, кроме тяготения (например, силами, создаваемыми реактивным двигателем), легко обнаруживаются. При этом появляются «силы инерции», которые, например, могут свалить пассажира с ног. Если же тело свободно падает, то это дви-

жение невозможно отличить от движения по инерции. Лишь когда поле тяготения меняется от места к месту, удастся заметить **относительные ускорения** удаленных друг от друга свободно падающих тел.

Подобно тому, как неудачные попытки построить вечный двигатель привели к закону сохранения энергии, невозможность придумать метод обнаружения абсолютного ускорения при свободном падении помогла сформулировать принцип, ставший основой современной теории тяготения. Не существует физических явлений, которые позволили бы установить абсолютное ускорение свободно падающего тела. Все явления, происходящие на этом теле, не зависят от интенсивности поля тяготения и протекают так же, как и в его отсутствие. Поэтому ускорение свободно падающего тела можно установить лишь относительно других тел. В этом смысле **ускорения свободно падающих тел относительны**. Ускорение же тела относительно другого, свободно падающего рядом с ним (а такое ускорение может быть вызвано только силами, отличными от тяготения), всегда обнаруживается по ходу физических явлений на этом теле. О существовании такого **динамического ускорения** всегда можно узнать, не прибегая к измерениям движения относительно других тел.

Классическая физика считала свободным равномерное и прямолинейное движение, а силы — причиной, отклоняющей тела от этого свободного движения. Современная наука должна считать силой такое воздействие, которое отклоняет тело **от состояния свободного падения**.



ЭВКЛИДОВЫ И НЕЭВКЛИДОВЫ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВА

Классическая физика думала, что евклидовы геометрические свойства пространства проявляются в прямолинейности и равномерности относительного перемещения свободно движущихся тел. Но в природе не оказалось тел, движение которых обнаруживало бы эти свойства в космических масштабах. Наблюдения установили только существование свободного падения, которое в малых масштабах обладает свойствами свободного движения классической физики, а в больших масштабах криволинейно и ускоренно.

Следуя духу идеи о проявлении евклидовых свойств пространства в свойствах свободного движения, можно было бы сказать, что наблюдения обнаружили неевклидовы свойства пространства. В очень малых масштабах (в пределах кабины космического корабля) они мало сказываются, но в больших масштабах (в пределах орбиты искусственного спутника Земли) они легко наблюдаемы (орбита-то кривая!). Однако если пойти дальше, предположив (по аналогии с классической физикой), что траектории свободно падающих тел — это «прямые», но только «прямые» некоторой неевклидовой геометрии в пространстве, то это было бы уже неверно. Траектория свободного падения тела зависит от скорости. Траектория, соответствующая при некоторой скорости тела свободному падению, при другой скорости соответствует движению под действием сил. На пути к современной геометрической теории тяготения возникло препятствие, пре-

одоление которого потребовало принципиально новых идей.

ВРЕМЯ И ПРОСТРАНСТВО

В «Театральном романе» М. Булгаков изобразил двух великих режиссеров, которые ничего не хотели знать друг о друге, хотя и работали в одном театре. Именно так классическая физика представляла себе взаимоотношения между пространством и временем.

Открытия, доказавшие единство и взаимосвязь всех явлений природы, современная физика начала с того, что развеяла это заблуждение. Было установлено, что существует фундаментальная скорость — предельная относительная скорость распространения всех процессов в природе (включая движение тел). Из-за равноправия всех свободно падающих в пространстве систем отсчета в каждой из них предельная скорость должна иметь одно и то же значение. Теоретическое осмысление этих фактов привело Эйнштейна к следующему выводу. Если некоторое свободно падающее тело дважды встречается с другим телом, то часы * на первом и на втором теле покажут, вообще говоря, разное время, протекающее между этими встречами.

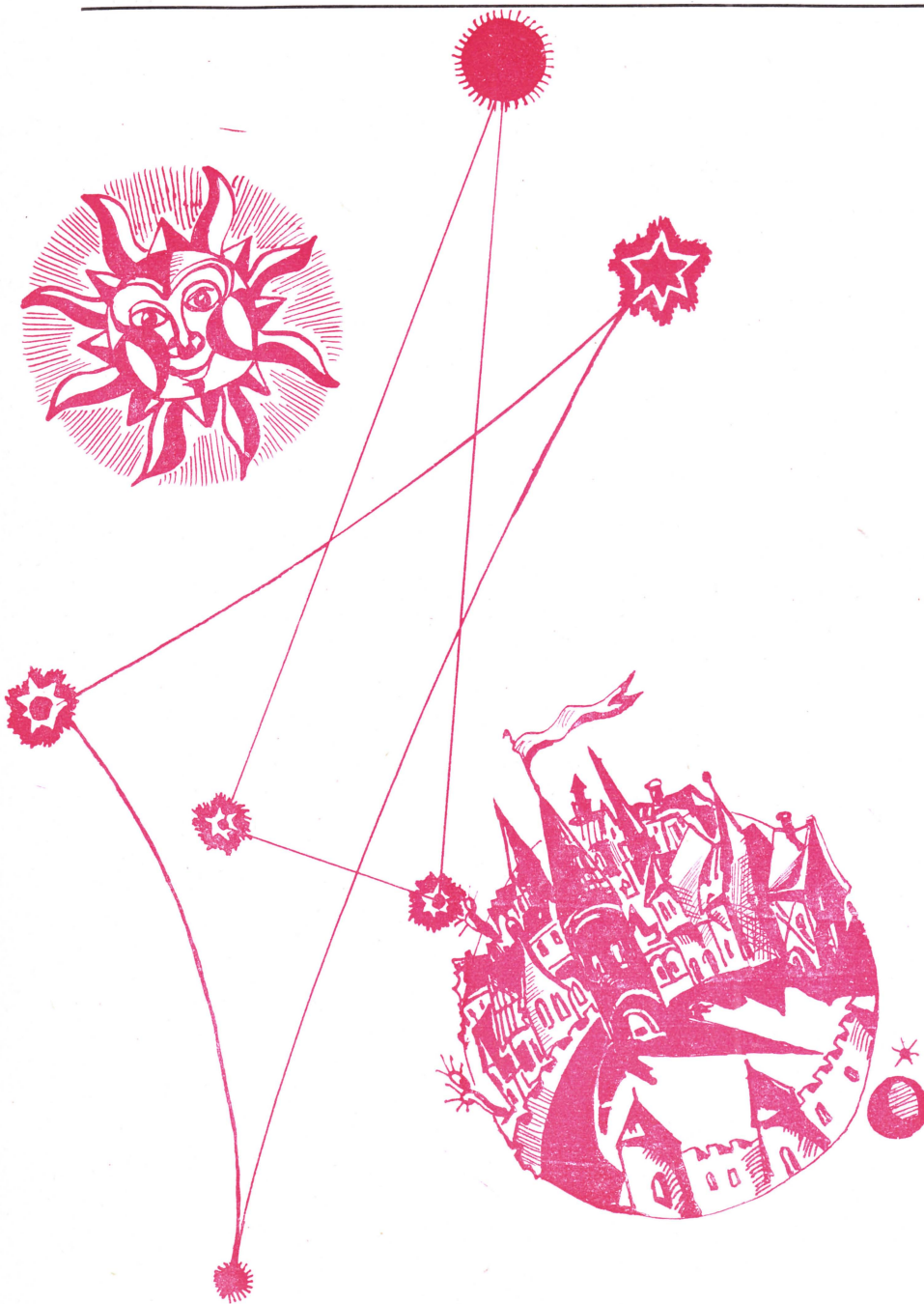
Например, если быстро ускорить космический корабль и он долго будет лететь в межзвездном пространстве, а затем под влиянием тяготения Солнца снова вернется в Сол-

нечную систему и встретится с Землей, то космонавты обнаружат, что они постарились больше, чем земляне. Объясняется это тем, что корабль долго находился вдали от Солнца, где тяготение слабее.

Таким образом, промежуток времени, который показывают часы между двумя событиями (например, отлетом и прилетом космонавтов), зависит от того, как эти часы двигались. Нет универсального времени. Измеряемые промежутки времени между физическими событиями зависят от системы отсчета, то есть от произвола в выборе движущихся часов, которые используются для определения времени.

Из этого следует важный вывод. Пусть, вопреки тому, что мы говорили о зависимости траекторий свободного падения от скорости тел, нам все же удалось построить неевклидову геометрию, в каком-то смысле выражающую неевклидовы свойства пространства. Но ведь геометрия в пространстве — это совокупность геометрических свойств и отношений, которые существуют в один и тот же момент времени. А так как в природе нет универсального времени, то нет и универсальной одновременности. События, одновременные в одной системе отсчета, не обязательно одновременны в другой. Поэтому в разных системах отсчета мы получили бы и разные неевклидовы геометрии, или, если угодно, разные пространства. Как говорят, «разделение пространственно-временного континуума на время и пространство в разных системах отсчета происходит по-разному».

* Говоря о часах, мы всюду имеем в виду одинаково откалиброванные часы, которые будучи поставлены рядом, в одинаковые условия, шли бы в одном темпе.



Время и пространство в течение веков считали наиболее неизблемыми в их вечном движении и вечном покое. И вдруг — такой хаос! Но хаос исчезнет, если действительные факты отделить от кажущихся. Эту задачу и решила теория относительности.

Все явления природы охватывают какую-то область пространства и длятся во времени. Явления ничтож-

но малой протяженности и длительности («мгновенная» вспышка света, столкновение двух частиц и т. п.) принято называть **элементарными событиями**. Общее свойство эле-

В пространстве, окружающем небесные тела, можно представить себе как прямолинейные, так и криволинейные треугольники

ментарных событий заключается в том, что их можно охарактеризовать точкой в пространстве и моментом времени. Сочетание момента времени и точки в пространстве называют **мировой точкой**. Любое физическое явление можно рассматривать как совокупность элементарных событий, а ограничиваясь только свойствами протяженности и длительности, — как совокупность мировых точек.

Элементарные события представляют **факты физики**. Их реальность не может зависеть от «точки зрения» — от выбора системы отсчета. Вспышка света — это факт, который можно описать в разных системах отсчета, но его существование и содержание не зависят от того, откуда он наблюдается и с чем сопоставляется. Если отвлечься от конкретного содержания физических явлений, интересуясь только их протяженностью и длительностью, то простейший физический факт (элементарное событие) будет представлен мировой точкой.

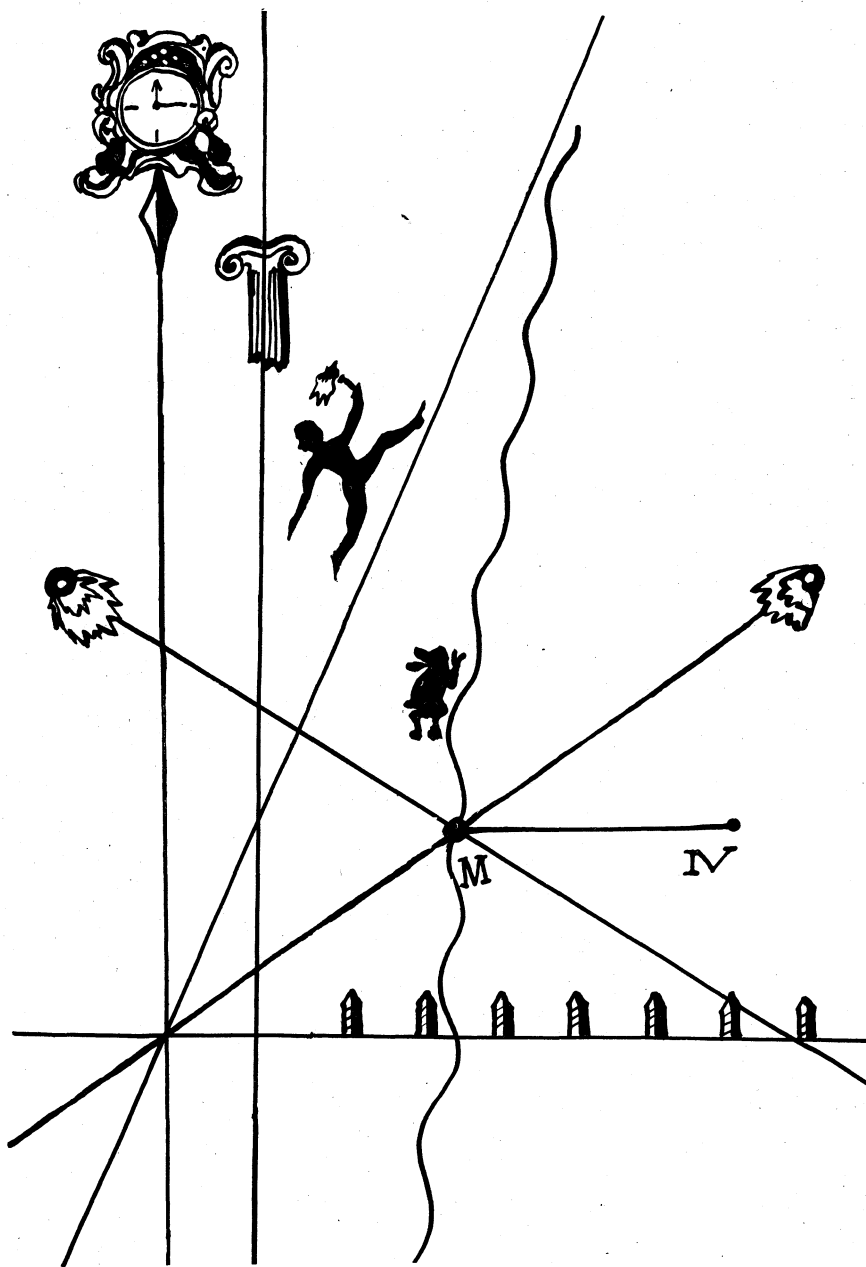
Наоборот, точка пространства или мгновение времени сами по себе не имеют смысла физического факта. Конечно, можно ввести, например, понятие одновременности во всем пространстве. Но это — понятие, вводимое для описания фактов, а не сам факт. Это лишь выбор системы отсчета. Выражает ли он какое-либо свойство реального мира? — вопрос, разрешаемый опытом и теорией.

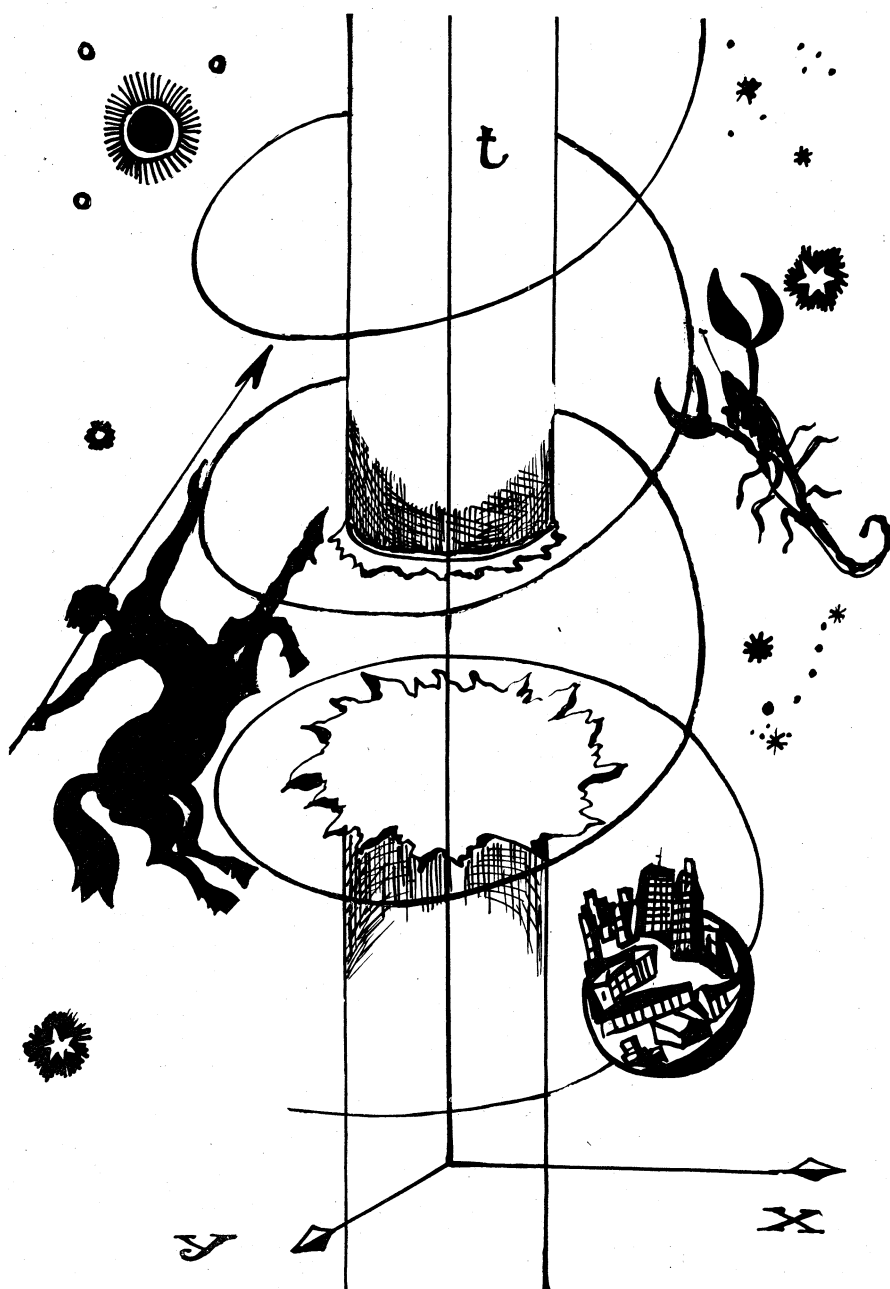
Можно сказать, что теория относительности — это теория, полностью стоящая на почве фактов, которые она рассматривает с точки зрения их длительности и протяженности.

МИРОВЫЕ ЛИНИИ

Когда-то египетские землемеры заложили основы геометрии. Они вбивали колышек в землю — это была точка. От нее начинались геометрические построения. Подобным же образом, когда оказалось, что точка в пространстве, как и мгновение времени, сами по себе «не факт», физика должна была начать от иного «колышка» — от мировой точки и, опираясь на это понятие, строить геометрию. Эту геометрию, объединяющую измерения в пространстве и времени, мы назовем **геометрией движения**. Впервые такого рода геометрия была построена Г. Минковским в 1909 году, но в форме, которая не учитывала тяготения — предполагалось, что свободное движение равномерно и прямолинейно. В понятиях геометрии Минковского специальная теория относительности, созданная в 1905 году Эйнштейном, получила очень удачное выражение. В 1913—1916 годах Эйнштейн объединил идеи геометрий Минковского и Римана, и это стало основой современной теории пространства, времени и тяготения — общей теории относительности.

■ Мировые линии колонны (неподвижного тела), равномерно и прямолинейно бегущего человека, петляющего зайца и двух фотонов, двигающихся с фундаментальной скоростью. Отрезок MN не может принадлежать мировой линии реального тела, так как оно должно было бы двигаться со скоростью, большей фундаментальной. На рисунке ось времени отмечена часами, а ось расстояний — верстовыми столбиками. Эффекты тяготения, искривляющие мировые линии, не учтены





Мировая трубка Солнца и мировая линия центра масс планеты, обращающейся вокруг него (пространственный масштаб, конечно, не соблюден). В условном разрезе мировой трубки изображено Солнце в два различных момента времени

Посмотрим, как в геометрии движения изображается тело «точечных» размеров. Изобразить тело мировой точкой нельзя, так как оно существует и до и после мгновения, соответствующего мировой точке. Тело представляется непрерывной последовательностью мировых то-

чек, каждая из которых изображает тело в какое-то мгновение времени. Такую протяженную во времени последовательность мировых точек называют **мировой линией тела**. Мировая линия неподвижного тела параллельна оси времени. Если тело движется, то соответствующая ему мировая линия будет наклонной (и не обязательно прямой). Наклон, то есть направление линии, определяется скоростью тела. Следовательно, скорость тела в геометрии движения выражается геометрически. Отметим, что наклон мировой линии не может быть больше значения, соответствующего фундаментальной скорости.

А если тело не «точечное»? Тогда каждая его «точка» имеет свою мировую линию, а все тело изображается мировой трубкой — пучком мировых линий. Движение, не ограниченное одной плоскостью, требует для своего изображения на чертеже четырех измерений! Это выражает тот факт, что геометрия движения — геометрия четырехмерная, поскольку она объединила три пространственных измерения с измерением времени. В четырехмерной геометрии ход мировых линий описывают математически, а не изображают графически. Поэтому, в отличие от чертежей «геометрии линейки и циркуля», приводимые нами рисунки в значительной мере условны. Чтобы понять это, достаточно задуматься над тем, чему соответствует на них длина линий.

Если тело покоится, то длина любого отрезка мировой линии, изображающей тело, не имеет никакого отношения к пространственному расстоянию. Но глядя на рисунок, легко

сообразить, что длина отрезка мировой линии тела — это **промежуток времени** между мировой точкой в начале отрезка и мировой точкой в его конце. Точнее, длина отрезка мировой линии покоящегося тела определяется как промежуток времени между концами отрезка, измеряемый часами, которые **находятся на самом теле**.

Но мировая линия тела — это последовательность элементарных событий, которые (несколько условно) можно назвать пребыванием тела «в данном месте в данный момент времени». Физические факты не зависят от выбора системы отсчета. Поэтому и мировая линия — реальность, существующая вне связи с какой-либо системой отсчета. Следовательно, длина отрезка мировой линии тела не должна зависеть от того, покоится тело или движется (покой и движение — понятия относительные). Таким образом, длина отрезка мировой линии тела не что иное, как промежуток времени между мировыми точками — концами отрезка, измеряемый часами, которые движутся вместе с телом. А время, измеряемое часами, движущимися с телом, называют **собственным временем** тела.

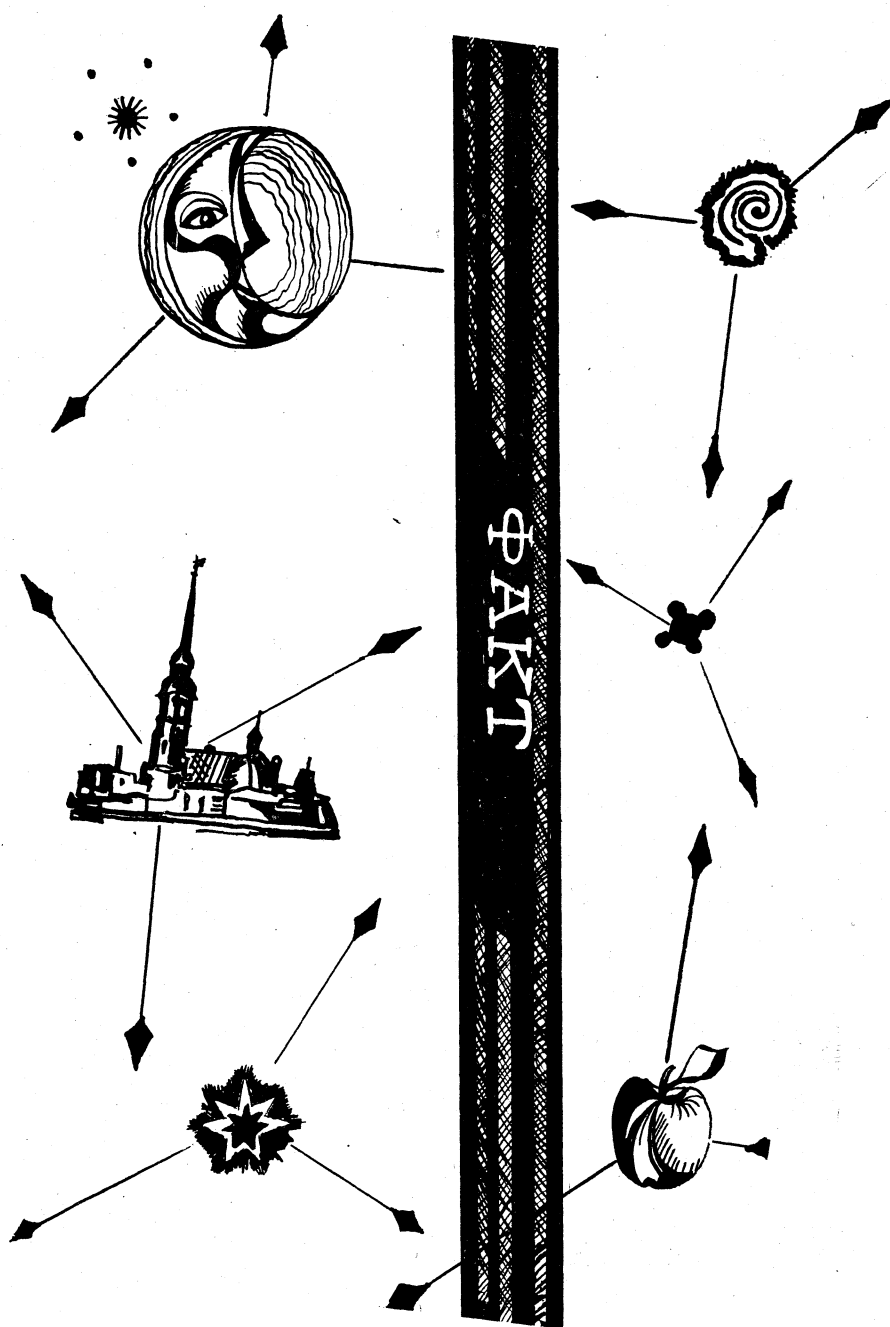
Теперь уточним слова «в данном месте в данный момент времени». Скажем: в данный момент собственного времени. Место определим по отношению к другим телам, но привлекая понятие длины мировой линии, которое не зависит от выбора системы отсчета. Воспользуемся световыми импульсами. Промежуток собственного времени тела между моментом посылки с него светового импульса и моментом прихода отра-

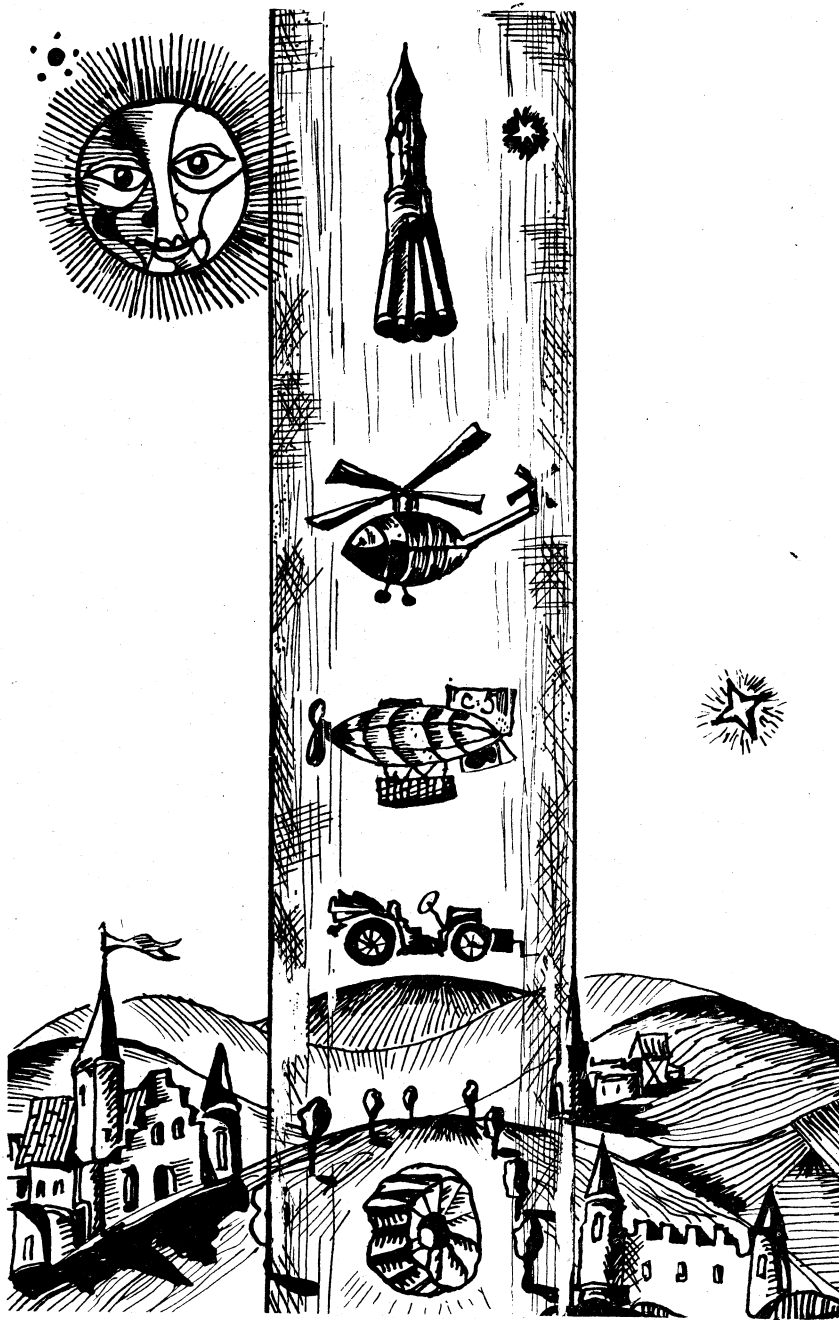
женного от соседнего тела импульса, а также направление, куда посылался импульс, — вот величины, с помощью которых мы можем определить место тела по отношению к другим телам.

Обобщим эти соображения. В определении «места и времени» использованы только физические факты — такие, как посылка и прием

световых сигналов и показания часов. Каждое фактическое измерение состоит в наблюдении нескольких элементарных событий (например, при-

■
Мировая линия тела — это последовательность фактов, не зависящих от выбора системы отсчета





«Участок» пространственного сечения пространства-времени физического мира в какое-то «мгновение» средневековья. Пространство-время охватывает и прошлое и будущее. Это изображает призрачная колонна, в которой ход времени символизируется развитием средств передвижения в пространстве: колесо, автомобиль, дирижабль, вертолет, космический корабль

хода светового импульса и показаний часов), которым соответствует одна и та же мировая точка. Как говорят, измерения заключаются в наблюдении пространственно-временных совпадений. Совпадение возникает когда пересекаются мировые линии нескольких тел (например, часов и кванта света).

Если мы знаем все о пересечениях мировых линий тел, причем можем предсказать (вычислить) все пересечения (естественные или созданные искусственно для целей измерения), то мы знаем все о движении тел и его законах. При этом никогда не возникает необходимость обращаться к понятиям одновременности в разных мировых точках, а также (хотя мы об этом не говорили) и пространственного расстояния между мировыми точками. Это еще одно выражение того, что отдельно пространства и отдельно времени не существует. Не случайно теория относительности ввела понятие о четырехмерном «пространственно-временном континууме», или **пространстве-времени**. Математически пространство-время можно рассматривать состоящим из мировых точек, подобно тому как состоит из точек евклидово пространство. При этом мировой точке придается смысл не только реально осуществляющегося, но и потенциально возможного элементарного события, ведь пространство-время должно быть «заполнено» мировыми точками. Поскольку в реальном мире действуют законы сохранения, вследствие чего реальные элементарные события всегда входят в причинно-обусловленную последовательность элементарных событий, то правильнее сказать, что **пространство-время состоит из мировых линий тел** (реальных и потенциально возможных).

Многие идеи современной физики (по С. И. Вавилову, даже принцип неопределенности) предвосхищены в древности. Но не мысль о единстве пространства и времени! Здесь при-



рода оказалась неизмеримо смелее человека...

ГЕОМЕТРИЯ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

Согласно основной идее Римана, геометрию пространства можно задать, указав расстояния между близкими точками. Этим определяются длины любых линий, в том числе и кратчайших линий — геодезических, которые играют роль прямых в данной геометрии. Что такое длина отрезка мировой линии, мы уже определили. Поэтому попробуем действовать по плану Римана в обратном порядке. Если, используя определение длины отрезка, нам удастся ввести понятие расстояния между мировыми точками, то, тем самым, мы установим существование в пространстве-времени некоторой римановой геометрии.

Нас ожидают сюрпризы. Поскольку движение во времени назад (в прошлое) невозможно, то окажется, что существует бесчисленное количество пар точек, между которыми... не может быть расстояния, соответствующего определению длины с помощью часов. Все мировые линии, проходящие через обе точки такой пары, соответствуют движению со скоростью, большей фундаментальной. Ни одна из этих линий не может быть мировой линией реальных часов. Эту трудность можно обойти, прибегнув к некоторому математическому ухищрению. Но поразмыслив, мы поймем, что линий, соответствующих скорости, большей фундаментальной, нет в природе, так как нет процесса или движения, которые

могли бы сделать их физически реальной цепочкой фактов: их точки не могут быть связаны как причина и следствие.

Возьмем теперь две мировые точки, которые можно связать друг с другом движением реального тела. И вот теперь окажется, что соединяющей их кратчайшей мировой линии... не существует. Согласно теории относительности, располагая достаточно большой силой, действующей на тело, можно заставить его проделать путь между данными мировыми точками за сколь угодно малое собственное время («парадокс близнецов»). Примириться с новым сюрпризом нам поможет то, что хотя и нет кратчайшей, но есть длиннейшая. Оказывается, наиболее долгий «путь» между двумя мировыми точками получается при свободном падении, причем, если мировые точки достаточно близки, то соединяющая их линия свободного падения — единственная. Длину отрезка мировой линии свободного падения, соединяющей две данные мировые точки (которые могут быть связаны как причина и следствие), и принимают за расстояние между этими точками. Получается своеобразная риманова геометрия, которая строится не с помощью циркуля и линейки, а с помощью часов. Она отличается от геометрии Римана в пространстве. Но ведь это особая геометрия — геометрия движения, или, как обычно говорят, — геометрия пространства-времени. Мировые линии свободного падения (длиннейшие) являются геодезическими этой геометрии. Поэтому можно сказать, что под геометрией пространства-времени подразуме-

вают геометрию мировых линий свободного падения.

ГЕОМЕТРИЯ И ФИЗИКА

Точный перевод слова «геометрия» — землемерие. Эта наука зародилась в Древних Вавилонии и Египте, а может быть, и еще раньше. У Евклида, Архимеда и других античных геометров она приобрела почти современную логическую завершенность. Прошло 20 столетий, прежде чем Н. И. Лобачевский круто изменил судьбы этой науки, построив новую геометрию — неевклидову. Тогда-то приставка «гео» — «земная» утратила свой прямой смысл. Через 30 лет после Н. И. Лобачевского Б. Риман построил целое семейство геометрий, которому суждено было занять особое место в физике XX века.

Идеей Римана о том, что непрерывное множество, а значит, и «Великая Пустота» (космическое пространство), не имеет присущей ему меры — «верстовых столбов», вдохновлялся Эйнштейн, когда в специальной теории относительности провозгласил бессмысленность движения относительно пустого пространства. Р. Минковский придал геометрии теории относительности четырехмерный вид, и она стала геометрией пространства-времени. Наконец, Эйнштейн установил, что одно из самых грандиозных явлений природы — тяготение — это риманова геометрия пространства-времени.

Потребовалось еще несколько лет, чтобы, оглядываясь назад, понять, что геометрия реального пространства-времени не соответствует идее Римана об отсутствии внутрен-



ней меры у непрерывного множества. Ведь показания свободно падающих часов — это настоящие «верстовые столбы» пространства-времени. Физик может произвольно выбрать только единицу измерений, все остальное природа делает сама. Геометрия пространства-времени не задается, она существует, и Эйнштейн написал слова, которые для многих физиков, увлеченных идеей относительности, прозвучали парадоксально: «Мы не можем в теоретической физике обойтись без эфира, то есть континуума, наделенного физическими свойствами...». Конечно, Эйнштейн не имел в виду эфира физиков XVII—XIX столетий, существование которого противоречило бы и принципу относительности скорости, и относительности ускорений свободного падения. Он имел в виду абсолютный характер геометрии пространства-времени. «Великая Пустота» космического пространства, не наделенная сама по себе физическими свойствами, оказалась мифом. Слова Эйнштейна — это предсказание богатства свойств «пустого» пространства-времени, и развитие физики их полностью подтвердило. Гравитационные волны, которые, как всякие волны, должны обладать корпускулярными проявлениями, рождение элементарных частиц при отклонении геометрии от геометрии Минковского — вот некоторые свойства «Пустоты», широко обсуждаемые в современной научной литературе.

КЛИМАТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АНТАРКТИДЫ ЗА 50 ТЫСЯЧ ЛЕТ

В 1970 году на станции Восток Советская антарктическая экспедиция начала бурение глубокой скважины, которую предполагается пройти через всю толщу ледникового покрова, достигающую здесь около 3,5 км. Из скважины извлекают ледяной керн и проводят изотопно-кислородный анализ льда. Так узнают о климатических условиях очень далекого прошлого.

Изотопно-кислородный анализ основан на том, что относительная концентрация стабильных изотопов кислорода O^{18} в атмосферных осадках существенно зависит от температуры их образования. Поэтому, анализируя образцы льда из глубоких скважин, можно получить сведения об условиях питания ледниковых покровов и о температурах, сопровождавших снегонакопление десятки и сотни тысяч лет назад.

Ранее были исследованы колонки льда из двух скважин, достигших ледникового ложа: на станции Кемп Сенчури в северо-западной Гренландии (скважина пробурена в 1966 году на глубину 1387 м) и на станции Бёрд в Западной Антарктиде (в 1968 году на глубину 2164 м). Однако в этих районах высота ледниковых щитов сильно колеблется, то есть изотопный состав льда отражает не только климатические изменения, но и включает значительные «неклиматические» эффекты.

Район станции Восток находится близко к водораздельному участку Восточно-Антарктического купола. Его высота даже при значительных колебаниях размера антарктического ледникового покрова вряд ли изменялась более чем на 100 м. Следовательно, изотопный режим здесь достоверно свидетельствует о климатических похолоданиях или потеплениях, не осложненных влиянием других причин.

На станции Восток пробурено

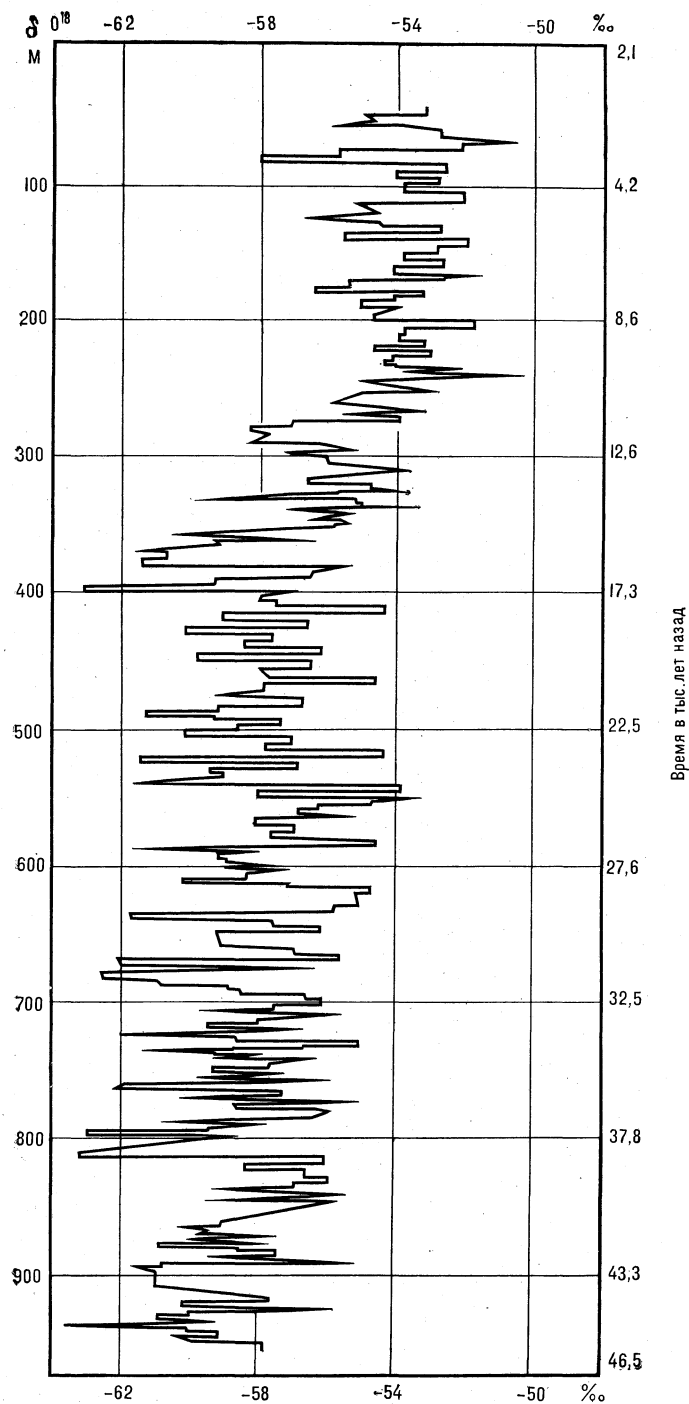
две скважины, обе глубиной около 950 м. Изотопно-кислородные исследования полученного керна дали палеоклиматическую характеристику Центральной Антарктиды почти за 50 тыс. лет. Эти работы выполнены совместно Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом, Институтом географии АН СССР и Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова.

По результатам анализа 250 образцов льда построен палеотемпературный изотопный профиль. Согласно примененной возрастной модели, он охватывает период 46,5 тыс. лет. При вычислении возраста предполагались неизменными параметры, влияющие на динамику льда, такие, как толщина ледникового покрова, средняя годовая скорость аккумуляции, скорость течения льда. Подобные предположения недалеки от истины, поскольку природные условия Центральной Антарктиды отличаются особой консервативностью.

Главным климатическим событием за этот период было резкое потепление, начавшееся около 15 тыс. лет назад и закончившееся около 11 тыс. лет назад. Таким образом, лед, взятый на станции Восток глубже 270 м, очевидно, относится к концу верхнего плейстоцена, а наступившее потепление соответствует началу голоцена.

Верхний участок изотопного профиля до глубины 270 м характеризуется средней величиной $\delta = -54\%$, а нижний, начиная с глубины 350 м, $\delta = -59\%$. Такое различие означает, что во время образования нижней части толщи льда в Антарктиде было примерно на 5°C холоднее, чем в последующий период.

Изотопный профиль отражает наряду с основным климатическим рубежом изменения менее значительные, охватывающие сравнительно короткие отрезки времени. Так, на протяжении 4000 лет (между 15 и 11 тыс. лет назад), когда шло потепление, зафиксированы два кратковременных, относительно более



Палеотемпературный изотопный профиль для Центральной Антарктиды. По горизонтальной оси — вариации соотношения изотопов O^{18} и O^{16} (δ) в тысячных долях относительно международного стандарта,

по вертикальной оси: справа — возраст (в тысячах лет) до настоящего времени, слева — глубины (в метрах)

теплых периода, каждый продолжительностью около 500 лет, совпадающих по времени с известными в северном полушарии межледниковьями бёллинг и аллерёд. Между 7,5 и 4 тыс. лет до н. э., судя по приводимым здесь данным, в Центральной Антарктиде наступали оптимальные климатические условия.

Что касается эпохи от 15 тыс. лет назад и далее в глубь веков, то здесь мы видим чередование более холодных и более теплых периодов на общем фоне холодного плейстоцена. По нашим данным, выделяются три «теплых» периода, относящихся к 27—24,5; 36—32,5 и 41—39 тыс. лет назад, разделенных четырьмя более холодными эпохами. Если в первых соотношение изотопов кислорода O^{18} и O^{16} составляет в основном от —56 до —57‰, то во вторых оно ниже: от —58 до —59‰. Такое различие свидетельствует о многовековых колебаниях температуры в Центральной Антарктиде 15—45 тыс. лет назад на 2—3° С.

Сравнение приводимого здесь профиля с аналогичным профилем, полученным в Гренландии, показывает, что их характер в общем идентичен. Это значит, что основные температурные изменения в полярных областях обоих полушарий на протяжении последних 50 тыс. лет происходили синхронно.

Возраст придонных слоев ледника в Центральной Антарктиде составляет много сотен тысяч лет. Поэтому бурение скважины до ледникового ложа позволит изучить лед и условия его формирования на протяжении всего четвертичного периода. Результаты эти будут иметь уникальное значение для палеоклиматологии.

Доктор географических наук
В. М. КОТЛЯКОВ



ОКИСЬ УГЛЕРОДА В СОСЕДНЕЙ ГАЛАКТИКЕ

Группа австралийских, английских и американских астрономов обнаружила окись углерода в Большом Магеллановом Облаке. До сих пор молекула CO наблюдалась только в нашей Галактике.

Излучение окиси углерода было зарегистрировано с помощью нового 3,9-метрового англо-австралийского рефлектора, установленного в Новом Южном Уэльсе. Этот оптический инструмент во время наблюдений работал как радиотелескоп: в фокусе главного зеркала был помещен микроволновый приемник. Излучение окиси углерода обнаружили в газовой туманности N 159, которая находится в Большом Магеллановом Облаке, недалеко от туманности Тарантул. Расстояние до Большого Магелланова Облака приблизительно 200 тыс. световых лет.

В нашей Галактике облака CO ассоциируются с областями, в которых происходит формирование звезд. Здесь же, как установили радиоастрономы, встречаются сложные органические молекулы («Земля и Вселенная», № 5, 1975, стр. 32—33. — *Ред.*).

«Sky and Telescope», 51, 5, 1976.

КАЛИЙ В ОБЛАКАХ ИО

Облака в атмосфере спутника Юпитера — Ио, как до сих пор считалось, состоят из водорода и натрия. В конце 1975 года Л. Трафтон (США) обнаружил в них калий. Наблюдения, которые привели к этому открытию, Трафтон проводил на 107-дюймовом телескопе Макдональдской обсерватории.

Водородные облака в атмосфере Ио сильно вытянуты вдоль ее орбиты. Существует предположение, что водородные облака образованы протонами, которые были захвачены магнитным полем Юпитера, а затем

нейтрализовались при соприкосновении с поверхностью Ио.

Натриевое облако по существу охватывает всю систему Юпитера. Однако его наибольшая яркость наблюдается вблизи Ио. Трафтон предполагает, что атомы натрия были выбиты из поверхностных пород Ио заряженными частицами, главным образом тяжелыми ионами больших энергий. Таково же происхождение и калиевых облаков в атмосфере спутника.

Поиски кальция в газовой оболочке Ио, а также натрия в атмосферах Европы и Ганимеда не увенчались успехом.

«Nature», 258, 5537, 1975.

ПРОТОННАЯ ВСПЫШКА И ЗЕМНАЯ АТМОСФЕРА

В августе 1972 года на Солнце произошла мощная вспышка («Земля и Вселенная», № 4, 1974, стр. 8—14. — *Ред.*), в результате которой был выброшен поток протонов с высокими энергиями. Метеорологическая интерпретация наблюдений доложена П. Крутценом на XII Международном симпозиуме по исследованию свободных радикалов в атмосфере (Лагуна-Бич, штат Калифорния, январь 1976 г.).

По мнению П. Крутцена, крупнейшая вспышка солнечных протонов оказалась естественным, природным «экспериментом», впервые позволившим подтвердить гипотезу, согласно которой фотохимические процессы могут вызывать резкое и значительное уменьшение количества атмосферного озона.

Поток энергичных протонов вторгся в атмосферу Земли в полярных районах (на более низких широтах этому препятствует магнитное поле планеты). В результате взаимодействия с атмосферой возникли потоки вторичных электронов, которые диссоциируют азот N_2 и способ-

ствуют образованию окиси азота NO. Окись азота отрицательно воздействует на озон и уменьшает его содержание в атмосфере.

П. Крутцен высказал предположение, что немедленно после августовской протонной вспышки 1972 года должно было произойти уменьшение количества озона над Северным полюсом на 15—20%. Данные спутниковых измерений, которые анализировали Д. Хит и А. Крюгер при помощи электронной вычислительной техники НАСА, показали его фактическое падение на 16%.

Итак, впервые доказана справедливость фотохимической модели NO, подтвержден прогноз уменьшения концентрации озона, а также дана оценка влияния частиц и загрязнений, вторгшихся в атмосферу, на ее озоновый слой.

Важно, что такое воздействие на озоносферу оказалось до определенной степени постоянным: после падения концентрации озона она сама по себе не восстанавливается, пока источник снижения — окись азота не будет выведена из полярного района Земли воздушными течениями. После того как это произойдет и окись азота распространится более или менее равномерно, ее общее влияние на озоносферу Земли приведет, по подсчетам П. Крутцена, к уменьшению концентрации озона примерно на 1%. Это утверждение в настоящее время проверяется. В остальном же считают, что теория химического воздействия на озоносферу ныне доказана.

«Science News», 109, 3, 1976.

19 лет назад — 4 октября 1957 года — в СССР был запущен первый в мире искусственный спутник Земли. С тех пор спутники и другие космические аппараты успешно используются для научных исследований и решения многих народнохозяйственных задач. Непрерывно растет число спутников и космических лабораторий. Только в завершающем году девятой пятилетки с советских космодромов стартовали 111 космических аппаратов. Это были не только научные и метеорологические спутники и спутники связи, но и автоматические межпланетные станции, пилотируемые корабли.

Мы стали свидетелями рождения космической технологии. Вся мировая научная общественность высоко оценила результаты полета межпланетных автоматических станций «Венера-9» и «Венера-10».

Проблемам космической технологии и инженерным аспектам создания венерианских аппаратов посвящены две публикуемые ниже статьи.

ПОЛЕТЫ В НЕИЗВЕСТНОЕ

Начнем с инженерной аксиомы: первый экземпляр новой машины не бывает совершенным. Совершенство приходит потом, после длительной отработки целого ряда экспериментальных моделей. И чем сложнее создаваемая техника, тем больше объем, разнообразие и продолжительность испытаний. В авиации этот процесс длится годы. Например, после первого экспериментального полета до начала эксплуатации Ту-144 прошло 5 лет.

Такое положение вызвано в основном двумя причинами. Во-первых, невозможностью (или нецелесообразностью) достаточно точного математического моделирования поведения сложной системы в известных, напе-

А. Н. СЕРОВ
В. И. ФОКИН

Проблемы создания венерианских аппаратов

Ученые и конструкторы в течение многих лет разрабатывали и совершенствовали межпланетные автоматические венерианские аппараты. Многочисленная аппаратура доставила надежные данные о загадочной планете. Как же создавалась эта аппаратура? Как шла «эволюция» от первой «Венеры» до десятой?

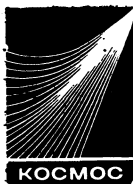
ред заданных условиях. Во-вторых (что наиболее существенно для космической техники), недостаточностью сведений о самих условиях, в которых должна функционировать новая система. Вот почему так сложна и ответственна самая первая, «идеологическая» стадия создания новой техники, когда выбираются основные проектные параметры и определяется облик космического аппарата. Именно на этом этапе деятельность космических проектантов резко отличается от привычного стиля их коллег, разрабатывающих наземные агрегаты на основе четко заданных, определенных технических условий. Вряд ли в какой-нибудь другой отрасли народного хозяйства приходится решать проблемы сродни сказочной «пойди туда, не знаю куда, достань то, не знаю что».

Особенно большие трудности, связанные с неопределенностью условий функционирования, пришлось преодолеть при разработке «ранних» венерианских аппаратов, когда требовалось создать машину практически для неизвестных условий, да еще способную измерять неизвестные параметры.

В самом деле, до полета «Венеры-4», согласно одной гипотезе, температура на поверхности Венеры составляла -40°C , согласно другой, $+400^{\circ}\text{C}$, а давление, соответственно, 1 и 100 атм. Кроме того, предполагалось, что атмосфера Венеры или азотно-кислородная или... углекислая. И если, используя подобные исходные данные, построить «экстремальные» модели венерианской атмосферы, а затем прикинуть по этим моделям параметры спускаемого аппарата, то нетрудно убедиться, что создать «с первого раза» совершенную технику для исследования Венеры очень трудно.

Приведем простой пример. Перегрузки, испытываемые аппаратом на допарашютном участке спуска, прямо пропорциональны среднему молекулярному весу газовой среды. Значит, только лишь за счет неизвестного химического состава венерианской атмосферы реальные перегрузки могут в 1,5 раза отличаться от расчетных — именно таково отношение средних молекулярных весов углекислого газа и земного воздуха. И если к этому добавить недостоверность сведений о температуре стратосферы Венеры (а перегрузка обратно пропорциональна температуре), окажется, что в одном случае спускаемый аппарат следует рассчитывать на 200, а в другом — на 450 единиц земных ускорений.

Другой пример. Температура, которая развивается на лобовом экране спускаемого аппарата при торможении в атмосфере, также зависит от химического состава газовой среды. Если два одинаковых аппарата войдут с одной и той же скоростью в атмо-



сферы Земли и Венеры, то на любой поверхности венерианского спускаемого аппарата будет отмечена в 1,5 раза более высокая температура (11 тыс. вместо 7 500 K).

При таких исходных данных стратегия проектирования единственная — рассчитывать аппарат «по максимуму», то есть на самые большие перегрузки и температуры торможения. В противном случае всегда есть риск, что аппарат, рассчитанный на более легкие условия, чем в действительности, погибнет, не успев передать никакой информации, поскольку при движении на гиперзвуковых скоростях образуется плазма, экранирующая радиоволны. Следовательно, мы рискуем даже не узнать причины гибели аппарата, что, конечно, совершенно недопустимо.

МОДЕЛЬ ВЕНЕРИАНСКОГО АППАРАТА

Если мы хотим с наибольшей вероятностью обеспечить передачу хотя бы одного измерения из атмосферы Венеры, необходимо создавать почти наверняка перетяжеленный спускаемый аппарат, способный «выжить» при торможении в «экстремальной», пусть даже наименее вероятной атмосфере.

Поскольку перегрузки и температуры торможения сильно зависят от среднего молекулярного веса, значит при начальном зондировании венерианской атмосферы необходимо определять химический состав газовой среды. И первый же аппарат, предназначенный для проникновения в атмосферу Венеры, был оснащен газоанализаторами.

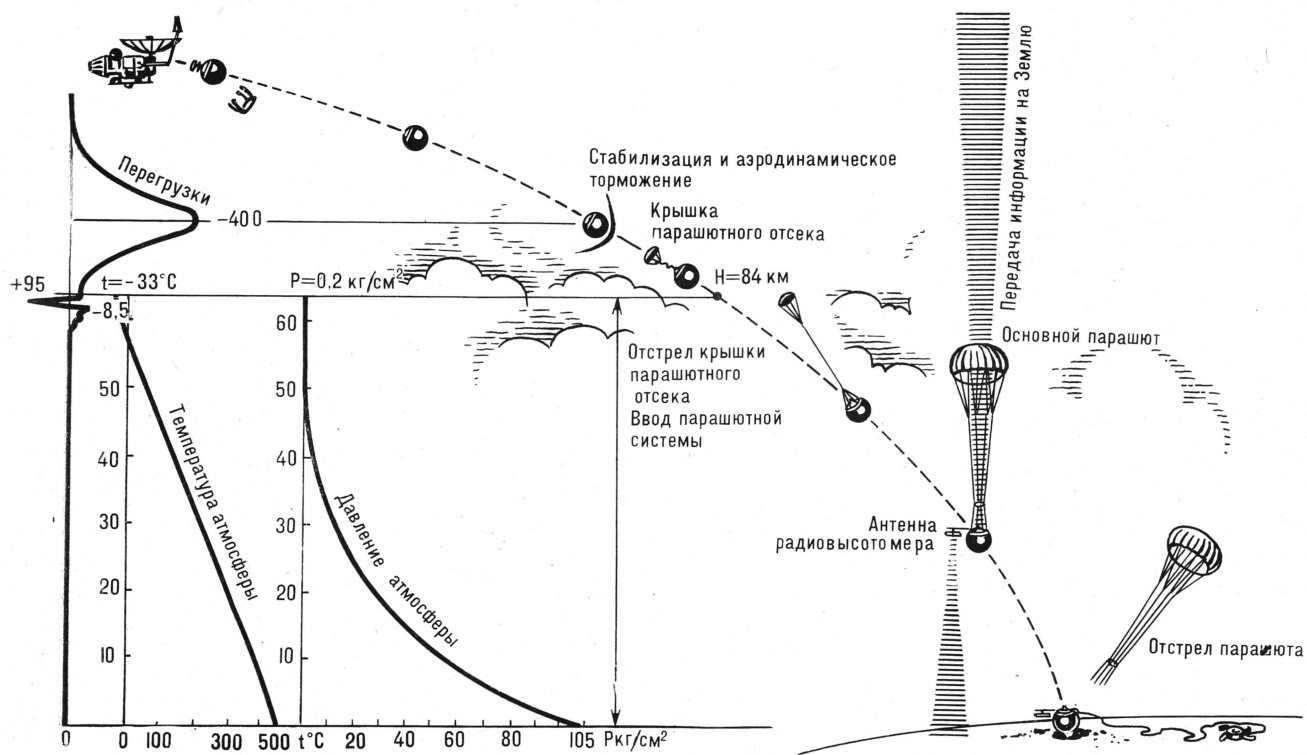
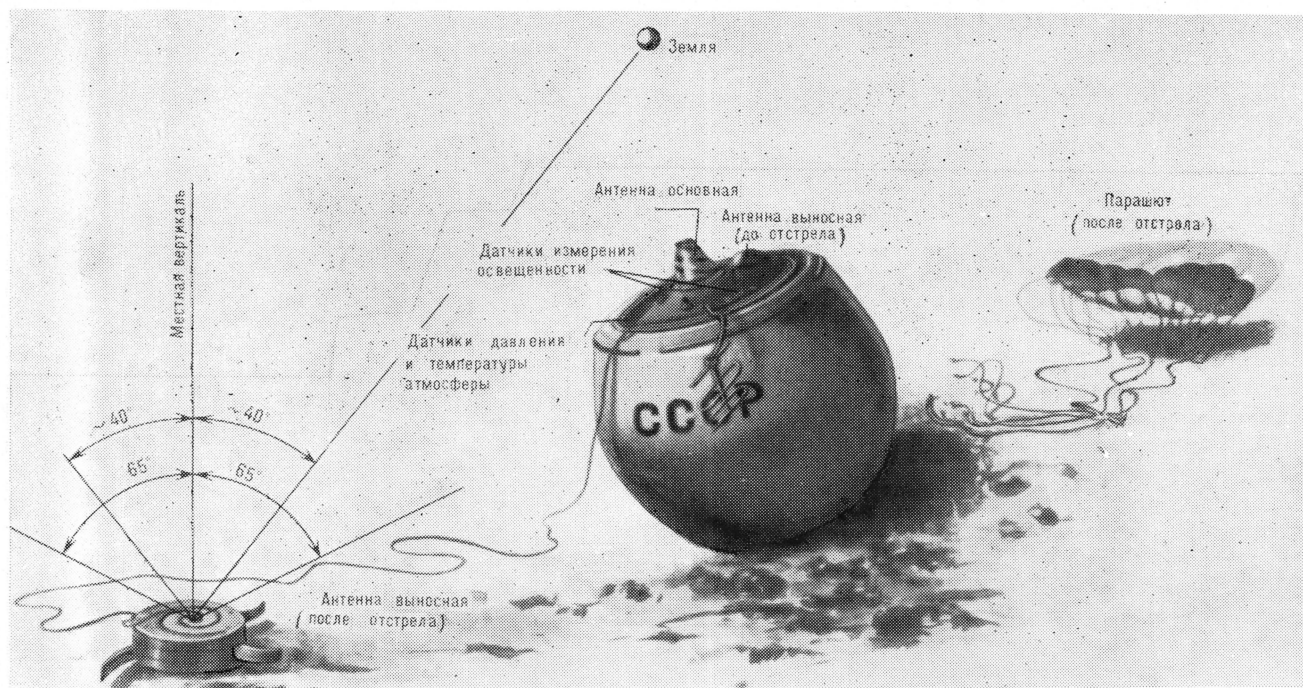
Другой важный атмосферный параметр, который нуждался в уточнении, — температура, вернее, зависимость температуры от высоты над поверхностью планеты. Во-первых, это существенно для расчета максимальной перегрузки аппарата на допарашютном участке. Во-вторых, от этого зависит логика построения комплекса приборов, работающих в нижних слоях атмосферы, то есть выполняющих научную программу. Если температура умеренная — не страшно, ведь на Земле аппаратура работает, как правило, в нормальных условиях. Но если температура порядка сотен градусов, необходимо создавать герметичную капсулу с мощной теплоизоляцией. Однако если мы хотим, чтобы проводились прямые научные измерения (для этого в основном и запускаются аппараты в дальний космос), неизбежен вывод датчиков научной аппаратуры за пределы герметичной и теплозащищенной капсулы. Значит, обязательно даже при самой совершенной теплоизоляции возникают «тепловые мосты», по которым заборное тепло проникает внутрь капсулы и сравнительно быстро перегревает аппаратуру. Понятно, что время, которым мы будем располагать до перегрева, зависит в первую очередь от конкретного «хода» температуры с высотой, ну и, конечно, от характеристик спускаемого аппарата.

Итак, для создания измерительного научного комплекса и служебных систем, обеспечивающих его работу в атмосфере Венеры, необходимо знать «ход» температуры с высотой. Это значит, что для эффективной работы первого венерианского спу-

скаемого аппарата должны быть известны параметры, которые ему предстоит измерять. Но коль скоро ко времени первого венерианского аппарата подобная информация, естественно, отсутствовала, приходилось проектировать его перетяжеленным.

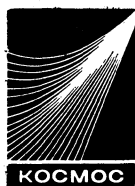
Аналогичная неопределенность была и в наших представлениях о давлении на Венере. Первые капсулы рассчитывались на большие величины давления, чтобы гарантированно проникнуть в нижние слои атмосферы или совершить посадку на поверхность планеты. А это требует дополнительного веса, что весьма дорого на космических аппаратах.

Но есть тем не менее одна проблема, положительное решение которой при определенных сочетаниях предполагаемых и реальных параметров атмосферы в принципе не может быть гарантировано. Это относится к осуществлению мягкой посадки на поверхность Венеры при первом же запуске космического аппарата, снабженного спускаемой капсулой. Причины для пессимизма здесь таковы: во время аэродинамического торможения скорость контакта с поверхностью определяется плотностью атмосферы. А плотность атмосферы у поверхности Венеры, если ее оценивать по уравнению состояния идеального газа с учетом неопределенности температуры, давления и химического состава, могла быть любой в широчайшем диапазоне величин — от 0,6 до 100 кг/м³. И если требовать от аппарата мягкой посадки в «минимальной» атмосфере (скорость контакта с поверхностью не более 10 м/с), то нетрудно подсчитать, что в случае падения в «максимальные» условия



■ Спускаемый аппарат межпланетной автоматической станции «Венера-8» на поверхности планеты

■ Схема посадки спускаемого аппарата межпланетной автоматической станции «Венера-8»



такой аппарат будет спускаться до поверхности не менее 8 часов. Этого времени вполне достаточно для перегрева приборов заборным теплом, поступающим по тепловым мостам, а также теплом от комплекса работающей аппаратуры.

Итак, чтобы надежно получить информацию из атмосферы Венеры, необходимо было спускаемый аппарат «Венеры-4» создавать герметичным, прочным, с теплозащитой и теплоизоляцией, с большой площадью купола парашюта.

ПОСЛЕ «ВЕНЕРЫ-8»

Невозможно рассчитывать на то, что самый первый запуск космического аппарата для исследования атмосферы Венеры окажется настолько успешным, что повторные запуски не понадобятся. Столь же невероятной представляется и ситуация, когда после первого успешного полета не потребуются доработка спускаемого аппарата. Следовательно, уже самую первую конструкцию необходимо создавать с учетом возможных последующих доработок. Однако здесь также есть трудности: синодический период обращения Венеры — время между двумя «окнами» старта составляет 584 дня, а время перелета к Венере, сколо 120 суток. Значит, для подготовки повторного запуска остается чуть больше года. За это время нужно провести серьезную доработку, помимо создания видоизмененного аппарата, снова провести весь комплекс наземных испытаний, которые занимают несколько месяцев и тогда, когда повторно готовится к запуску та же самая модификация объекта.

Следовательно, запуск достаточно совершенной модификации аппарата возможен только через два синодических периода, то есть через 3,2 года.

Программа исследований Венеры с помощью космических аппаратов в Советском Союзе планировалась с учетом этих соображений. И весь ход ее выполнения подтверждает правильность основных концепций, положенных в основу намеченной программы. «Венера-4» — аппарат-разведчик — блестяще выполнила возложенную на нее миссию, принесла первичные, но исключительно важные данные — важные как для планетологов, так и для создателей космической техники. После всестороннего анализа полученных материалов настало время приступить к более интересным, сложным и эффективным экспериментам, для которых требовалось создать новое поколение автоматических и межпланетных станций.

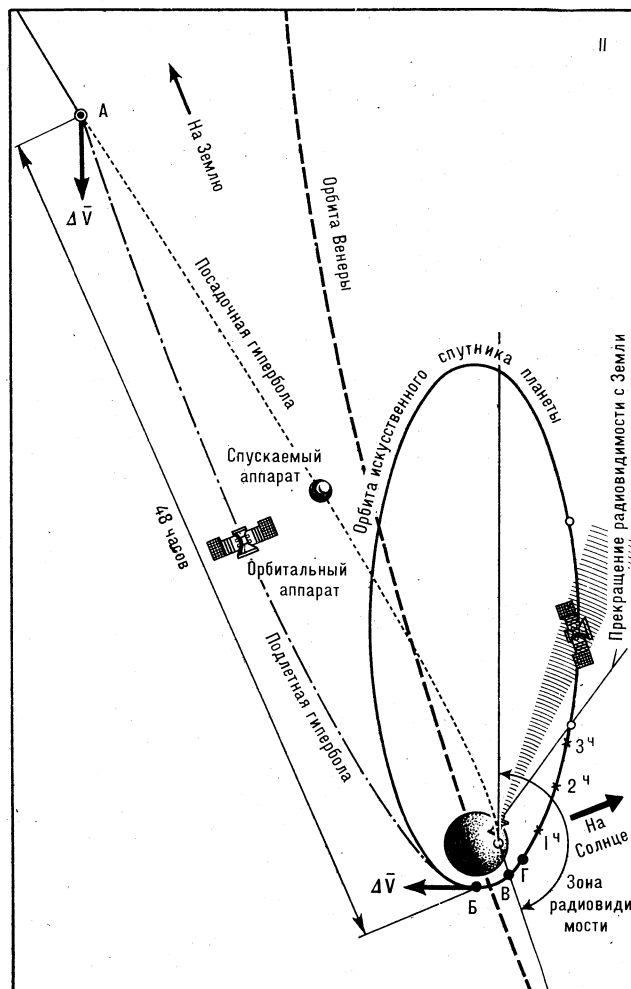
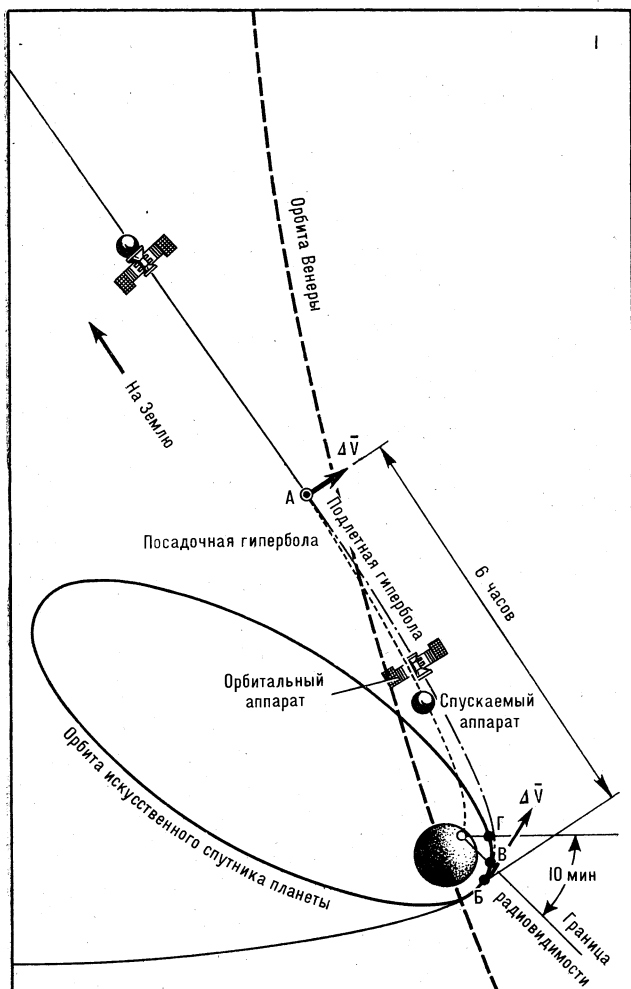
Цели и облик аппаратов серии «Венера» нового типа во многом определялись результатами предшествующих экспериментов и постановкой новых научных задач.

«Венера-8» измерила основные физико-химические характеристики атмосферы с высоты около 55 км до поверхности, определила тип слагающих пород и освещенность в месте посадки аппарата («Земля и Вселенная», № 5, 1972, стр. 9; стр. 66—67. — Ред.). Однако многое еще не было ясным. Венера продолжала оставаться загадочной. Была неизвестна структура ее поверхности, характеристики и протяженность облачного слоя. Ни один аппарат еще не был выведен на

орбиту искусственного спутника планеты, следовательно, не была точно определена масса и коэффициент динамического сжатия Венеры.

После анализа данных наземных наблюдений в видимой части спектра и в радиодиапазоне были предложены гипотезы, частично отвечающие на эти вопросы. Представлялось, что поверхность планеты должна быть ровной, сглаженной, с однородным, маловыразительным пейзажем. Это объяснялось тем, что плотная раскаленная атмосфера планеты, тысячамилетиями воздействуя на поверхностный слой, разрушает его и сглаживает рельеф. Это подтверждалось и радиолокационным зондированием поверхности Венеры, согласно которому средние уклоны поверхности не превышают 8°.

Сложнее было с облачным слоем. Поляризационные измерения свидетельствовали, что облака Венеры состоят из кристалликов льда, другие измерения утверждали, что из кристаллов аммиачных соединений, третьи — из капелек концентрированной серной кислоты. Высказывались и такие предположения, что в облаках Венеры есть силикаты и продукты их реакций, а также частично гидратированное хлористое железо или даже ртутно-галогеновые соединения. Итак, только прямые измерения могли подтвердить или опровергнуть существующие гипотезы. Необходимо было создать спускаемый аппарат, способный провести измерения в облачном слое и во время спуска в плотной атмосфере, а затем совершить мягкую посадку в ориентированном положении для проведения экспериментов на поверхности и ее



фотографирования. Одновременно требовалось создать искусственный спутник для глобальных наблюдений за облачным слоем и верхней атмосферой, а также для изучения взаимодействия планеты с солнечным ветром («Земля и Вселенная», № 3, 1976, стр. 3—16.— Ред.).

Чтобы спускаемые аппараты могли исследовать облачный слой, в период его прохождения скорость должна быть такой, чтобы успеть ввести парашютную систему и включить научные приборы. Парашют достигнет предполагаемой верхней границы облачного слоя, если увеличить эффективность аэродинамического торможения на баллистическом участке спуска и, следовательно, уменьшить баллистический коэффициент спу-

Ретрансляция с Венеры. «Марсианский» вариант (I), при котором спускаемый и орбитальный (ретранслятор) аппараты разделяются за несколько часов до перигентра в точке А. Импульс разделения (вектор на схеме) очень мал. В точке В происходит торможение и орбитальный аппарат становится искусственным спутником Венеры. Через точку В проходит граница радиовидимости спускаемого и траекторного аппаратов. В точке Г оказывается ретранслятор, когда спускаемый аппарат взходит в атмосферу планеты

Принятый вариант подлета к Венере и ретрансляция с нее (II). Обозначения те же, что и на схеме варианта I

скаемого аппарата. Баллистический коэффициент P_x рассчитывается по формуле:

$$P_x = \frac{G}{C_x S},$$

где G — вес входящего в атмосферу аппарата, C_x — коэффициент аэродинамического торможения (для шара C_x около 1, для тела в форме фара около 1,3 и максимальный не более 1,5 для наиболее сложных форм), S — площадь поперечного сечения спускаемого аппарата.

Из-за усложнения задач вес спускаемых аппаратов «Венеры-9 и -10» возрос примерно в 3 раза по сравнению с предыдущими. Так как применение даже самых сложных форм не может кардинально повлиять на снижение баллистического коэффициен-

та, единственный выход — значительное увеличение площади поперечного сечения спускаемого аппарата. Так, диаметр спускаемых аппаратов «Венеры-9 и -10» в 2,4 раза больше, чем «Венеры-8».

Внутри этой сферической (защитной) оболочки размещен аппарат с прочным гермокорпусом, научной аппаратурой, радиосистемой, системой энергоснабжения и прочими агрегатами, необходимыми для его нормального функционирования. Когда при торможении на баллистическом участке спуска скорость аппарата снижалась с гиперболической (около 11 км/с) до околозвуковой (250—300 м/с), на верхней границе облачного слоя вводилась парашютная система, сбрасывалась ставшая ненужной защитная оболочка, включалась научная аппаратура и радиокомплекс. Начинался медленный спуск в облачном слое на основном парашюте площадью 180 м². Расчеты показывают, что на таком парашюте аппарат достигнет поверхности только через несколько часов. Следовательно, за это время аппарат перегреется и приборы выйдут из строя. Чтобы этого не случилось, необходимо ускорить снижение в раскаленной атмосфере, обеспечив скорость при посадке не более 8 м/с. (Заметим, кстати, что парашютисты приземляются со скоростью 6 м/с.) Скорость снижения можно было бы увеличить, отстрелив основной парашют и введя вместо него другой площадью приблизительно 2,5 м². Однако если у поверхности не будет ветра, парашют накроет аппарат после посадки и не позволит телефотометру увидеть поверхность планеты. Конструкторы нашли оригинальное решение. При прохождении облачного слоя был предусмотрен отстрел основного парашюта и дальнейший спуск за счет жестких аэродинамических тормозных устройств. В этом случае телефотометр сможет без помех осматривать поверхность после посадки.

Непросто решалась и проблема передачи информации из атмосферы и с поверхности Венеры. В связи с расширением программы необходимо было повысить пропускную способ-

ность радиолинии как минимум на два порядка. В принципе это осуществляется использованием аппарата-ретранслятора, как на «Марсе-6». Однако спуск в чрезвычайно разреженной атмосфере Марса занимает считанные минуты, а на Венере — около часа. За час орбитальный аппарат (если использовать марсианскую схему ретрансляции) уйдет из зоны радиовидимости спускаемого аппарата и окажется за планетой, следовательно, передача панорамы станет невозможной. Поэтому была предложена другая схема облета Венеры, при которой траектории орбитального и спускаемого аппаратов охватывают планету с разных сторон. Согласно такой схеме, орбитальный аппарат оказывается в зоне радиовидимости спускаемого не в период прохождения перицентра, когда его скорость максимальна, а на восходящей ветви траектории, когда его скорость (а главное — угловая скорость) относительно мала. Естественно, возрастает величина импульса скорости, необходимого для разделения орбитального и спускаемого аппаратов. Подобная схема обеспечивает наиболее благоприятные условия исследования планеты с орбитального аппарата.

Автоматические межпланетные станции «Венера-9» и «Венера-10» полностью оправдали надежды конструкторов и ученых.

Кандидат технических наук
А. Ф. БЕССОНОВ

Индустрия на орбите

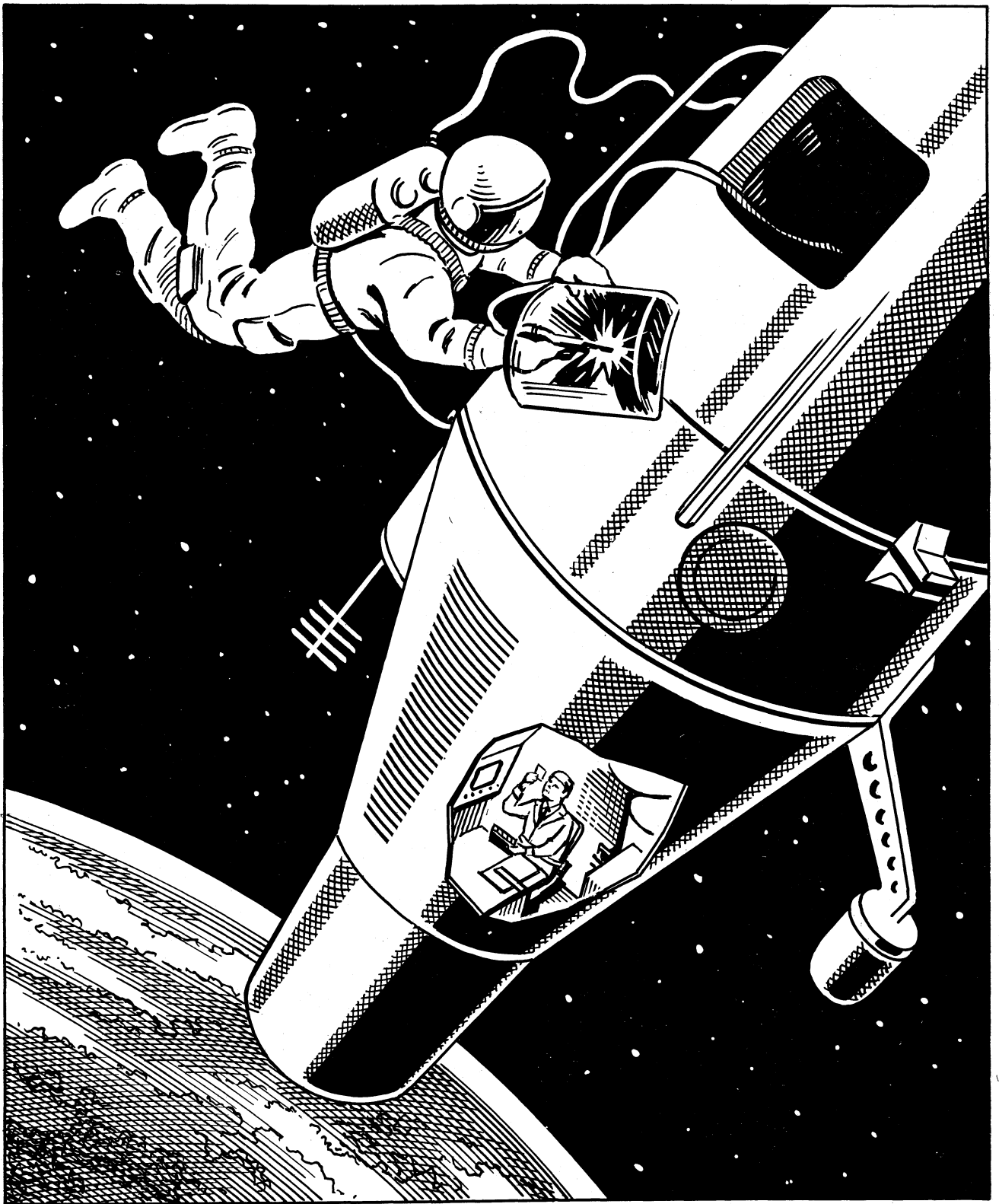
В космосе уникальные «индустриальные» условия. Там можно выращивать крупные и особо чистые монокристаллы, изготавливать различные материалы на основе легких сплавов, получать отливки, которые по совершенству геометрической формы, внутренней структуре и чистоте будут значительно превосходить изделия, созданные на Земле.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В САМОЛЕТЕ

Прежде чем осуществить производственные процессы в космосе, предварительно необходимо провести теоретические и экспериментальные работы на Земле. И это естественно. Нельзя запускать на орбиту космический корабль со сложным технологическим оборудованием и сырьем без уверенности, что это оборудование будет эффективно работать.

Отдельные эксперименты можно проводить в вертикальной башне, где в падающем отсеке с технологической установкой и аппаратурой возникает кратковременная невесомость (3—4 секунды). Возможны исследования и на вертикальных ракетных зондах. При полете таких зондов имитируется невесомость в течение десятков минут.

Киевские ученые и инженеры во главе с академиком Б. Е. Патонем в свое время предложили и успешно использовали специальный стенд, который размещался в самолете Ту-104. На борту самолета в полете перио-

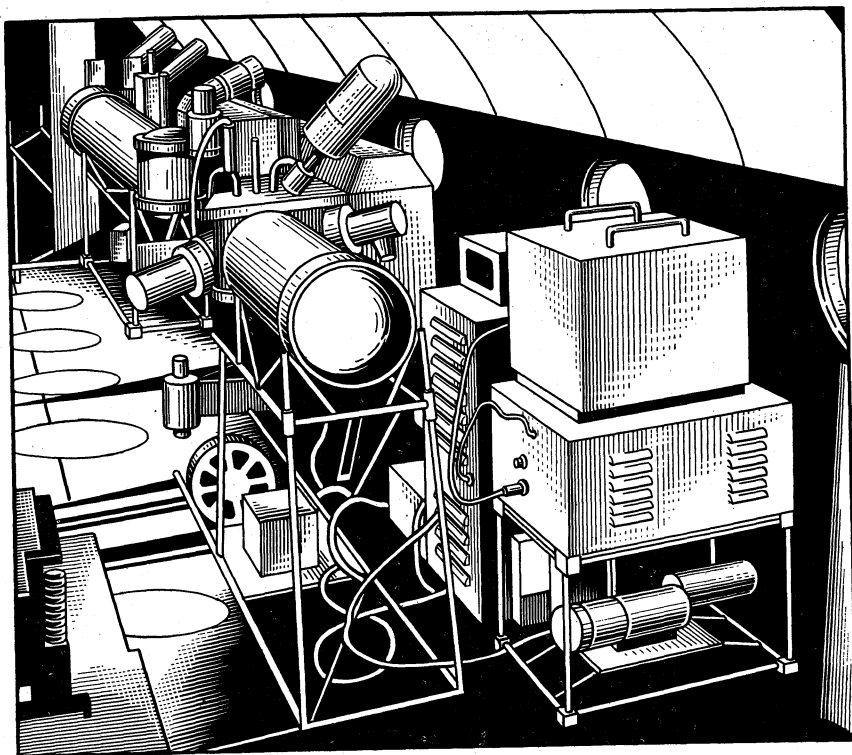


дически создается невесомость в течение 20—30 секунд. В состав стенда входят: рабочая вакуумная камера со сменными технологическими устройствами, система для откачки газов, регистрирующая аппаратура, а также аппаратура и пульт управления стендом. В камере создается вакуум, имитирующий космическое пространство на околоземной орбите.

На стенде в невесомости производилась сварка и резка тонких металлических листов, плавился металл, осуществлялось напыление покрытий. На кинолентке наблюдали, как расплавленный металл, обладающий хорошими смачивающими свойствами, легко растекается по стенкам контейнера. Если же стенки не смачивались расплавом, то металл быстро собирался в шар и улетал из контейнера.

В летающей лаборатории не только ставились различные технологические эксперименты, но и отработывалось оборудование. Попутно воспроизводились действия испытателя, облаченного в космический скафандр. При выполнении различных операций эффективным оказалось непосредственное участие человека. Специалисты на практике убедились, что если на стенде менять отдельные узлы или устройства, то можно исследовать разнотипные технологические процессы.

На орбите целесообразно использовать наиболее универсальное оборудование. По мнению академика Б. Е. Патона, даже в условиях полета может понадобиться переоснащение установки или замена в ней отдельных узлов. На начальном этапе в космосе еще долгое время будут экс-



плуатироваться стационарные и переносные установки с ручным и полуавтоматическим управлением, а в перспективе (после освоения технологических операций) — полностью автоматизированные устройства с программным управлением. Но все они должны отвечать единым требованиям — иметь малый вес и размеры, минимально потреблять энергию, обладать высокой надежностью.

НАЧАЛО КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Первые технологические процессы в космосе были выполнены в 1969 году на корабле «Союз-6». Когда в орбитальном отсеке установился глубокий вакуум, космонавт Валерий Кубасов включил сварочный агрегат «Вулкан», предназначенный для трех видов сварки — электронным лучом, сжатой дугой и плавящимся электродом. Плавка, а также резка металлов проходили стабильно, сварное соединение оказалось прочным, чистым. Специалисты получили первые и очень важные ответы на вопросы о

том, как происходит нагрев, расплавление и затвердевание металлов в невесомости и вакууме. Так было положено начало космической технологии.

Американские космонавты на орбитальной станции «Скайлэб» в условиях невесомости изучали расплавленные металлы и сплавы. Так же, как и в советском сварочном агрегате «Вулкан», в американском оборудовании металл расплавлялся электронным лучом. На «Скайлэбе» выращивались кристаллы. Один из них — антимонид индия, по словам специалистов-кристаллографов, — самый чистый и прочный из всех кристаллов, созданных человеком. Выращены также германиево-селеновые кристаллы во много раз больше тех, которые получались в наземных условиях.

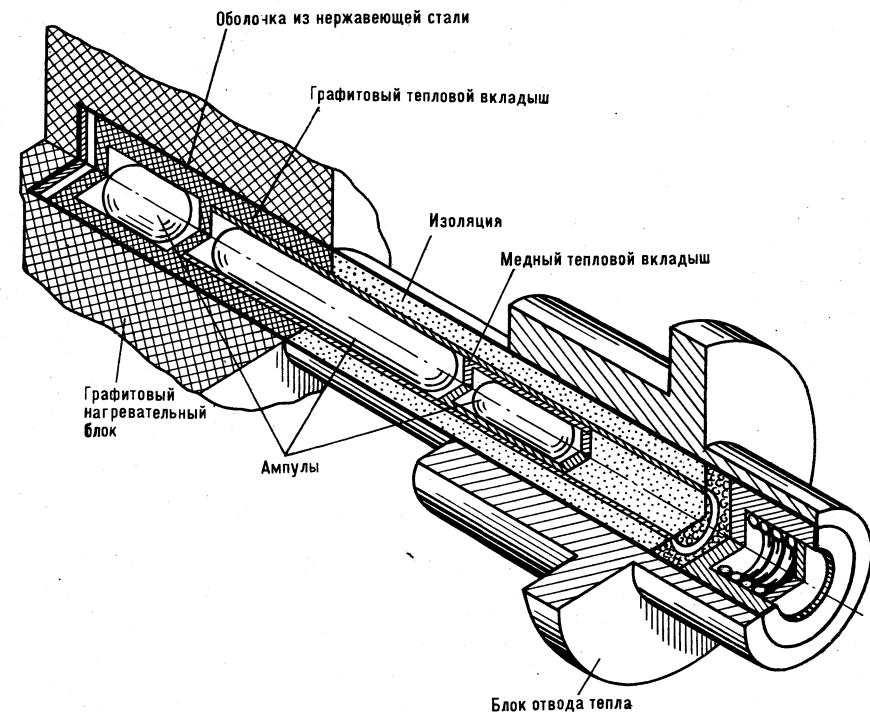
В феврале 1975 года первый экипаж орбитальной станции «Салют-4» (А. А. Губарев и Г. М. Гречко) осуществил технологические работы нового вида — напыление на стеклянные по-

Стенд, размещенный в самолете Ту-104. Здесь создаются условия кратковременной невесомости

верхности телескопа металлического покрытия. До этого под воздействием шквала космических лучей и резких температурных перепадов зеркало телескопа, использовавшегося для исследования Солнца в ультрафиолетовых лучах, постепенно потеряло свои высокие отражающие свойства. Космонавты, нанеся покрытие, восстановили его блеск. На Земле в таких случаях без вакуумной камеры не обойтись. Технологию напыления осуществляют при сильном разрежении, благодаря чему поверхность удается равномерно покрыть отражающим слоем. В космосе — вакуум естественный и весьма глубокий, его-то и использовали А. А. Губарев и Г. М. Гречко для улучшения оптических свойств телескопа.

18 июля 1975 года во время полета советского и американского кораблей «Союз» и «Аполлон» проводился совместный технологический эксперимент, в ходе которого необходимо было выяснить, как влияет невесомость на некоторые металлургические и кристаллохимические процессы. Научная программа этих исследований была разработана в Институте металлургии имени А. А. Байкова АН СССР. Образцы материалов, изготовленные в Советском Союзе, упаковали в специальные ампулы. Когда корабли состыковались, В. Н. Кубасов перенес эти образцы на борт американского корабля. В. Н. Кубасов и астронавт Д. Слейтон загрузили образцы в электропечь. Там образцы в течение десяти часов нагревались, плавилась и охлаждались.

В печи одновременно обрабатывались три одинаковых пенала по три ампулы в каждом. Одна ампула, на-



ходившаяся в самой горячей зоне печи, была заполнена алюминием с шариками вольфрама. Смесь нагревалась до 1100°C . Алюминий плавился, а вольфрамовые шарики, равномерно рассредоточенные по объему, частично растворялись в алюминии. В другой ампуле (посредине печи) плавился германий с 2-процентной примесью кремния, а при охлаждении из расплава выделялась твердая фаза — монокристалл германия, легированный кремнием. Третья ампула размещалась в сравнительно холодной зоне печи. В ней при температуре 700°C расплавлялся порошок алюминия. Жидкий металл принял шарообразную форму и затем, охлаждаясь, кристаллизовался.

Какие же выводы следуют из проведенных технологических экспериментов в космосе?

Во-первых, в космосе получают материалы, которые еще не встречались

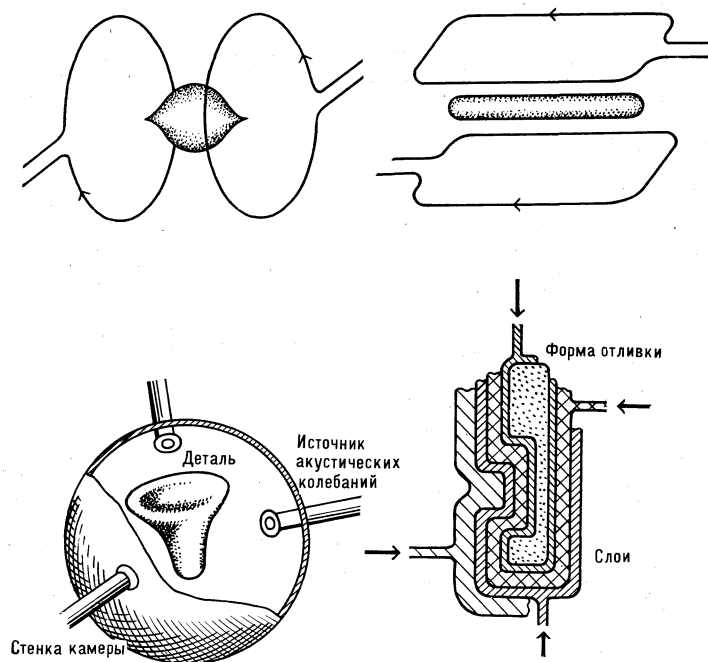
на Земле в таком виде и которые найдут широкое применение во многих «некосмических» областях хозяйства и науки.

Во-вторых, на орбите из отдельных блоков можно монтировать большие корабли или станции, а также проводить ремонт отдельных конструкций, связанный с расплавлением, затвердеванием и напылением материалов.

ЛИТЕЙНЫЙ ЦЕХ НА ОРБИТЕ

В невесомости можно расплавлять материалы во взвешенном состоянии без всякого контейнера. А что это дает? Для выплавки самых тугоплавких материалов и окислов не нужно изготавливать формы, сохраняющие свои механические свойства при высокотемпературном нагреве. Сегодня из-за отсутствия достаточно жаропрочных материалов для форм, в которых обрабатываются горячие расплавы, невозможно производить стекла на основе тугоплавких окислов титана, циркония и других элементов. Такие стекла могли бы стать прекрасным материалом для оптики телескопов и микроскопов.

Схема пенала для технологических экспериментов в космосе. Программа «Союз» — «Аполлон»



Бесконтейнерное литье дает материалы совершенной чистоты. Современная техника испытывает острую нужду в сверхчистых материалах. Известно, что вещество без посторонних включений обладает новыми механическими и физическими характеристиками. Например, медь без примесей висмута имеет повышенную пластичность, аналогичные свойства приобретает цинк, очищенный от свинца и олова. А примеси, содержащиеся в полупроводниках, значительно изменяют электрические свойства транзисторов. В невесомости материалы можно расплавлять без соприкосно-

вения с нагревательными элементами и огнеупорной облицовкой формы, дистанционно подводя тепло токами высокой частоты, электронными и сфокусированными солнечными лучами. Поэтому расплавленное вещество, очищенное от примесей, не будет загрязняться стенками контейнера. Оно охладится и затвердеет, оставаясь в состоянии свободного парения.

Чтобы расплавленной массе, приобретающей в невесомости форму шара, придать другую форму, необходимо использовать электромагнитное поле индукторов различной конструкции. Воздействуя на жидкость по программе, рассчитанной и контролируемой ЭВМ, электромагнитный «скульптор» легко «слепит» из шара любое пространственное тело, форма которого сохраняется и после охлаждения.

А как формировать расплавы стекол или других изоляторов и полупроводников, имеющих низкую электропроводность и слабо поддающихся влиянию магнитных полей? В этих случаях можно воспользоваться услугами аку-

стического поля. Для этого в камере, где обрабатываются расплавы, устанавливают источники звуковых волн. Взаимодействуя друг с другом, волны образуют пространственное распределение зон повышенного и пониженного давлений, благодаря чему из жидких материалов удастся получить любые формы.

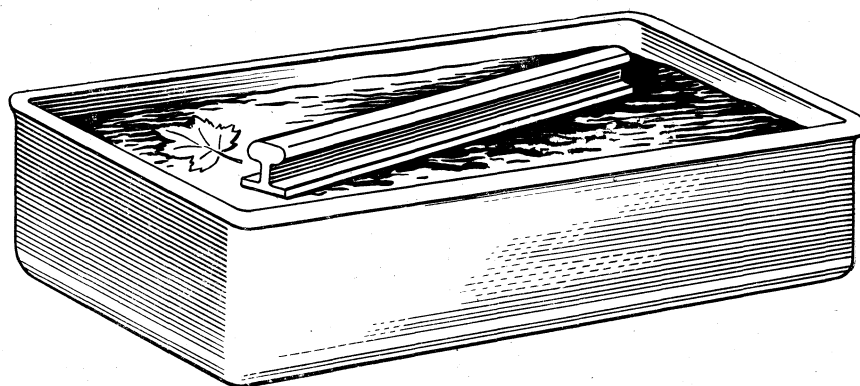
Нельзя обойти молчанием и другие заманчивые перспективы литейного производства на орбите. Известно, например, что в невесомости жидкость, выплеснутая из емкости, благодаря действию сил поверхностного натяжения приобретает форму шара. Причем поверхность получающегося тела, действительно, отличается от сферы всего лишь на миллионные доли процента. Как знать, может быть в космосе станут изготавливать идеальные шарики для подшипников качения. А может быть, распространение получат полые шары? Они намного успешнее противостоят сжимающим условиям, чем сплошные. В невесомости их изготавливают следующим образом. В жидкую каплю металла вводят порцию газа, затем каплю охлаждают. Подшипники с полыми шариками в несколько раз долговечнее обычных.

Вспомним еще и о том, что в технике называют адгезией (взаимное прилипание двух разнородных тел). С адгезией связаны такие понятия, как смачивающие и несмачивающие жидкости. Например, вода — классический тип жидкости, которая смачивает стенки сосуда. Ртуть же относится к числу несмачивающих жидкостей. Расплавленные металлы проявляют различные свойства в зависимости от материала контейнера. Соответствен-

Парящая в невесомости масса жидкого металла при воздействии электромагнитных полей

Расплавленный в невесомости материал. Такую форму можно получить, воздействуя на непроводящие материалы акустическим полем

Многослойная деталь. Ее изготовили в космосе адгезионным литьем

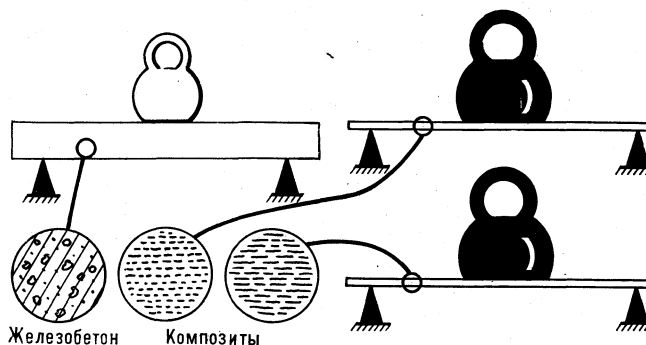


но, и их поведение в космосе может быть различным.

В невесомости возможно «адгезионное литье». Суть его в том, что расплавленный металл подают на специальную оболочку или внутрь нее. Силы адгезии (при хорошей смачиваемости оболочки жидким телом) надежно удерживают материал на всех участках. После остывания и застывания металла его покрывают другим расплавом и т. д. В итоге можно получить слоистые конструкции любой формы и любого количества слоев из материалов, отличающихся плотностью и температурой плавления. Надо сказать, что никакой другой способ литья не обеспечивает подобную равномерность толщины каждого слоя.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КРИСТАЛЛЫ

В невесомости можно создавать новые металлические и полупроводниковые материалы, состоящие из равномерно распределенных по всему объему элементов различной плотности. В обычных условиях на Земле изготовить подобные смеси очень трудно, а то и вовсе невозможно, так как входящие в их состав вещества расслаиваются: самые тяжелые оседают на дно емкости, самые легкие всплывают наверх. А на орбите можно изготавливать материалы даже из непохожих друг на друга веществ, например из газа и стали. Если жидкий металл вспенить газом, а затем охладить, то получится пенометалл — прочный и легкий. Брусочек «космического» материала, содержащий в своем объеме 12% стали и



88% газа, плавает в воде, как дерево. Одновременно он может успешно противостоять сжимающим усилиям, в несколько раз превосходящим нагрузки, которые выдерживает обычный сплошной образец стали таких же размеров. О легких и прочных металлах всегда мечтали инженеры. И получают они их в космосе.

На борту космического корабля металлургическим путем недолго изготовить и композиционные материалы — затвердевшие смеси, состоящие из легкоплавкой основы (металла или неметалла), в которую вкраплены



Рельс из космического пенометалла плавает в воде. Этот брусочек выдерживает нагрузки во много раз больше тех, которые несет обычный стальной рельс



Композиции из металла и нитеподобных кристаллов выдерживают значительно большие нагрузки, чем земные материалы (железобетон или самые прочные легированные стали)

зерна или волокна из тугоплавкого материала. Уже давно в практике людей нашли применение композиты-стеклопластики, жаропрочные и износостойчивые материалы. Можно надеяться, что в космосе будут изготовлены, например, композиции на основе медно-серебряно-титанового сплава с равномерно рассредоточенными в нем зернами из синтетического алмаза. Алмазно-абразивные инструменты будут обладать высокими режущими свойствами и долговечностью.

Лишь в невесомости можно получать композиции из трудносмешиваемых расплавленных материалов: галлия и висмута, золота и германия, свинца, индия и олова. Если сравнить их со смесями, приготовленными в условиях земной гравитации, то оказывается, что «космические» материалы отличаются более высокой однородностью, чем «земные».

Высокими прочностными характеристиками будут обладать и композиции из металла и нитеподобных



кристаллов. Известно, что тонкие как нить кристаллы выдерживают значительно большие усилия на разрыв, чем самые прочные легированные стали. Нити, равномерно распределенные в основе, как арматура в железобетоне, улучшают механические качества конструкций. На Земле нитеподобные кристаллы выращивают весьма короткими — не более нескольких миллиметров. В космосе, по-видимому, не существует ограничений для получения нитей любой длины и выращивания других монокристаллов значительных размеров.

Можно добиться и повышения качества кристаллов, «родившихся» в космосе. Ведь их можно получать из растворов и расплавов без контейнера (тигля). А это, как и в случае бесконтейнерного литья, предоставляет неограниченные возможности получать чистые материалы, что принципиально недостижимо в земных условиях. Космический вакуум моментально изгоняет из нагревательной печи самые ничтожные количества газов, а вместе с ними и все нежелательные примеси. Специалисты называют следующие области применения крупных и чистых монокристаллов: электроакустическая и высокочастотная техника, полупроводниковая микроэлектроника и вычислительные машины, радиоэлектроника и электротехническая промышленность.

Не исключено, что эксперименты на пилотируемых и автоматических аппаратах по обработке материалов и изготовлению необычных изделий вскроют неожиданные эффекты и закономерности.

ПОЧЕМУ ВСПЫХИВАЮТ РЕНТГЕНОВСКИЕ НОВЫЕ

За последний год было открыто несколько рентгеновских новых («Земля и Вселенная», 1976, № 1, стр. 59; № 3, стр. 41.— *Ред.*). Накопленный материал позволил разделить эти двойные рентгеновские источники на два класса. К первому классу относятся вспыхивающие источники с «жестким» спектром (типа А 1118-61), которые показывают изменения рентгеновской светимости с периодами порядка минуты. У источников второго класса рентгеновские пульсации не наблюдаются (например, источник А 0620-00). Американские ученые К. Бречер и П. Моррисон считают, что и причина всплесков у рентгеновских новых разных классов различна.

У одних источников рентгеновскую вспышку вызывает неожиданное падение большого количества вещества на вращающуюся нейтронную звезду. Поэтому и излучение оказывается модулированным с периодом вращения нейтронной звезды. У других источников причина всплески — тремозное излучение очень горячего газа, выброшенного с большой скоростью за пределы двойной системы. Выброс вещества может быть связан с вспышкой обычной карликовой новой, например такой, как система WZ Стрелы. Если это справедливо, то находит естественное объяснение характер рентгеновского, оптического и радиоспектра Новой Единорога 1975 года (такое название получила рентгеновская Новая А 0620-00). Становится также понятным, почему в спектре Новой отсутствуют линии поглощения.

«Workshop Papers for a Symposium on X-ray Binaries», 1975.

ГИГАНТСКИЙ ВЗРЫВ В СОЗВЕЗДИИ ОРИОНА

В начале августа 1975 года английский искусственный спутник Земли «Ариэль-5» обнаружил вспыш-

ку рентгеновского излучения в созвездии Ориона. Такие вспышки в различных частях неба наблюдают уже на протяжении десятилетия. Обычно вслед за резким возрастанием интенсивность рентгеновского излучения довольно быстро падает. Но источник в созвездии Ориона ведет себя иначе: после вспышки интенсивность его рентгеновского излучения стала в 5 раз больше интенсивности других таких же источников, известных до сих пор. Это заинтересовало американских исследователей Ф. Боли и Р. Уолфсона.

Боли и Уолфсон организовали наблюдение нового источника в обсерватории Макгроу Хилл, сооруженной на вершине Китт Пик в штате Аризона. Эта обсерватория специализируется на оптических наблюдениях рентгеновских источников. Она оснащена 52-дюймовым телескопом и имеет прямую связь с американским искусственным спутником Земли SAS-3. Наблюдения источника со спутника и с наземной обсерватории позволяют методом триангуляции определить его точное местонахождение.

15 августа 1975 года американские исследователи сделали восемь снимков участка неба в созвездии Ориона. Они отождествили с источником звездообразный объект, которого не оказалось на фотографиях Паломарского атласа неба, составленного около 20 лет назад. Светимость объекта за эти годы увеличилась в 1000 раз.

16 и 17 августа были получены спектрограммы этого объекта. На них не видны линии или полосы излучения и поглощения, обычно наблюдаемые в спектрах всех звезд. По-видимому, данное небесное тело обладает невероятно высокой температурой.

«Science News», 108, 8/9, 1975.



Постоянно ли геомагнитное поле?

Магнитное поле Земли — единственное из геофизических полей, которое доступно изучению не только в современном состоянии, но и в эволюции. История геомагнитного поля «записана» в намагниченности горных пород. Согласно законам ферромагнетизма, намагниченность по своей величине и стабильности (то есть способности сохраняться) зависит не только от намагничивающего поля, но и от условий, в которых происходило намагничивание, — температуры, давления и их изменения во время процесса намагничивания.

Каждая горная порода содержит какое-то количество (пусть незначительное) ферромагнитных зерен — магнетита, гематита, их твердых растворов с некоторыми минералами, следовательно, для горных пород должны быть справедливы законы ферромагнетизма. Многочисленные эксперименты показали, что, действительно, намагниченность, приобретенная горной породой в процессе остывания от 600—700°С в магнитном поле Земли, — термонамагниченность оказывается большой (при комнатной температуре для создания намагниченности такой величины нужны поля на один-два порядка больше земного), и, главное, очень стабильной. Доказано, что термонамагниченность сохранилась в породах, возраст которых равен сотням миллионов лет. Естественно, термонамагниченность должна быть и у изверженных пород, поскольку они остывают в магнитном поле Земли, и, значит, время ее возникновения известно с той же точностью, что и время образования породы.

При образовании осадочной поро-

Палеомагнитологи достоверно установили, что магнитные полюсы Земли неоднократно менялись местами. Каковы причины таких инверсий!

ды создается иная, но тоже специфическая намагниченность. Она называется иногда **ориентационной**, потому что связана с ориентацией в магнитном поле зерен ферромагнитных минералов, которые попали в бассейн уже намагниченными.

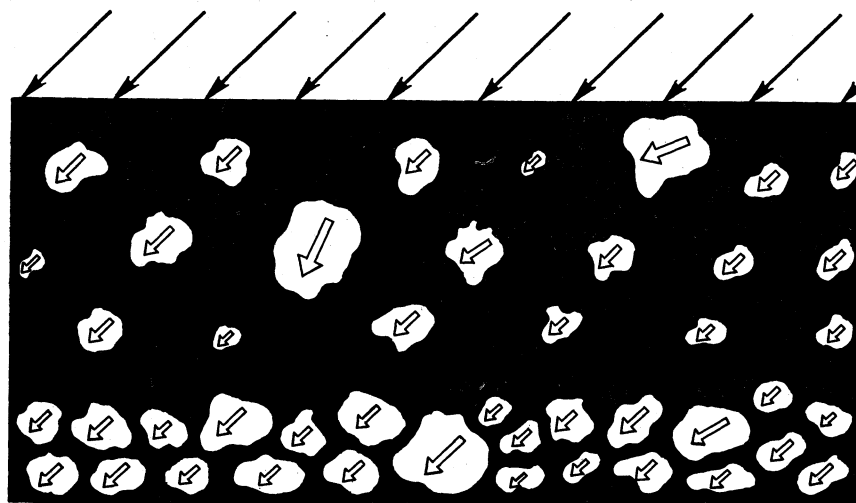
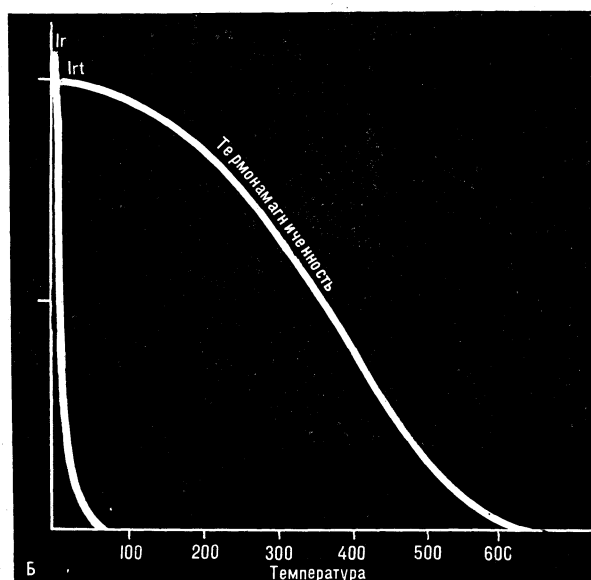
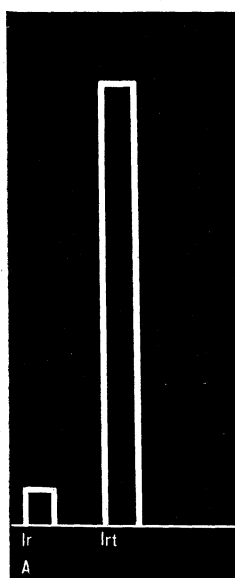
Изучая направления намагниченности в породах определенного возраста, исследователи воссоздают картину геомагнитного поля для данной эпохи и, сравнивая результаты подобных исследований для различных эпох, получают представление об эволюции геомагнитного поля. Этим занимается **палеомагнитология**.

Палеомагнитные исследования — очень молодое направление науки. Оно стало формироваться в начале 50-х годов нашего столетия. Однако результаты палеомагнитных исследований сразу же показали их перспективность, причем наиболее принципиальным оказался и остается по сей день вывод о том, что **постоянное магнитное поле Земли по самой сути своей непостоянно**. Чтобы лучше почувствовать всю неожиданность и принципиальность этого результата, необходимо кратко остановиться на представлениях о геомагнитном поле, существовавших до палеомагнитных исследований.

Было известно, что Земля обладает магнитным полем, близким к полю диполя, или, что то же самое, одно-

родно намагниченного шара. О существовании этого поля знали почти три тысячи лет, а к началу XVII столетия оно было в первом приближении изучено. Тогда казалось, что единственное существенное его изменение — вековые вариации, то есть колебания с периодом порядка 600 лет («Земля и Вселенная», № 6, 1975, стр. 18—24. — Ред.). Это поле фигурировало во всех учебниках и трудах под названием постоянного. Переменным геомагнитным полем считалась часть поля, связанная с процессами в ионосфере. Эта часть поля обладает четко выраженной периодичностью с главным периодом, равным солнечным суткам.

Две особенности постоянного поля — близость геомагнитной оси и оси вращения Земли, а также то, что источники постоянного поля находятся внутри Земли (это, кстати, не гипотеза, что однозначно доказывается математическим методом сферического анализа) — предопределили развитие представлений о происхождении геомагнитного поля. Во многих гипотезах происхождение геомагнитного поля связывалось непосредственно с суточным вращением Земли. Существовало несколько вариантов таких гипотез. Согласно одним из них, магнитный момент является однозначным следствием механического момента вращения. В других гипотезах предполагалось, что магнитный момент создается избыточным электрическим зарядом на поверхности Земли, принимающим участие в суточном вращении. И в том, и в другом случае направление магнитного момента определяется направлением вращения Земли.



Сравнительные характеристики термомагнитности, приобретенной в поле 0,5 Э, и намагниченности, полученной в поле 20 Э при комнатной температуре: А — величина I_{rt} (величина термомагнитности) и I_r (остаточная намагниченность); Б — стабильность I_{rt} и I_r при размагничивании переменным полем

Образование ориентационной намагниченности при осадконакоплении. Длинными стрелками показано направление магнитного поля Земли, короткими — намагниченность зерен

Легко представить, что означало для геомагнетизма открытие, что при одном и том же положении геомагнитной оси магнитные полюсы могут меняться местами и что такая переполюсовка происходила неоднократно.

Каким образом было открыто изменение направления магнитного поля на обратное и насколько достоверен факт этих инверсий?

Палеомагнитные исследования показали следующее: во-первых, векторы намагниченности пород некоего

возраста распределяются на поверхности Земли определенным образом, во-вторых, по мере изменения возраста пород наблюдается закономерное смещение этого распределения. (В данной статье я умышленно ограничиваюсь столь общей формулировкой, чтобы не уходить от основного вопроса — инверсий.) Итак, древнее поле оставалось в первом приближении дипольным, но ось этого дипольного поля была тем дальше от своего современного положения, чем древнее эпоха, для которой проводилось исследование.

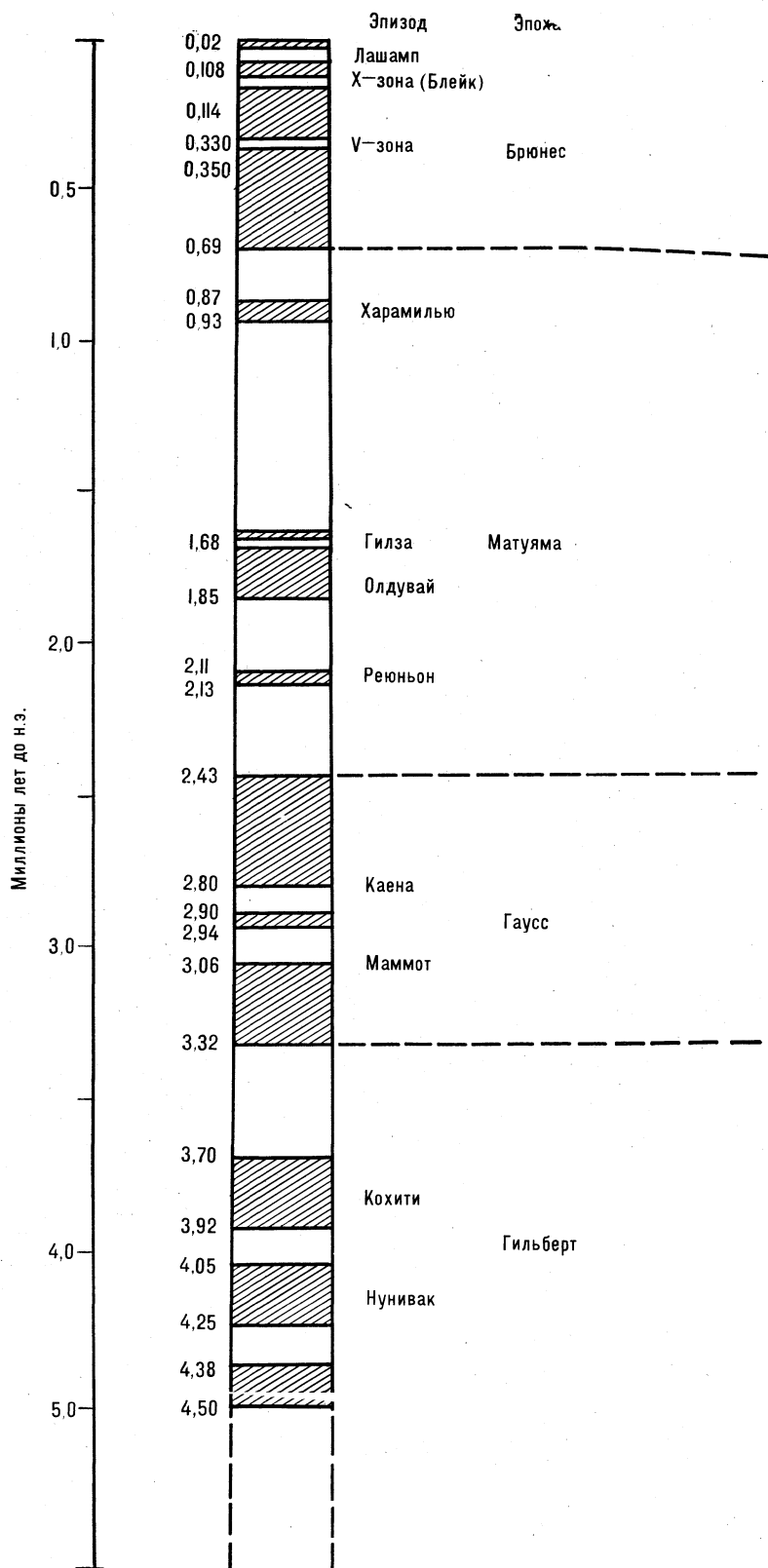
И вот оказалось, что под молодыми породами, намагниченными в современном поле, находятся породы, намагниченность которых антипараллельна ему. В дальнейшем было выяснено, что обратно намагниченные породы распространены повсюду. Такая же картина наблюдается и для древних пород: при любом положении геомагнитной оси существует два противоположных направления намагниченности пород. В настоящее время можно сказать, что обратно намагниченных пород столько же, сколько и прямо намагниченных.

Знак намагниченности не зависит от генезиса и состава пород: одно и то же направление намагниченности имеют осадочные и изверженные породы одного возраста, кислые и основные, сильно и слабо магнитные. В ферромагнетизме известно явление самообращения намагниченности, то есть приобретение материалом намагниченности, противоположной намагничивающему полю. Многие исследователи пытались привлечь самообращение, чтобы объяснить обратную намагниченность горных по-

род. Однако самообращение возможно только при очень специфическом составе и сочетании ферромагнитных зерен, и уже тот факт, что одинаковым знаком намагниченности обладают совершенно разные породы с разным составом ферромагнитных зерен, противоречит предположению о связи намагниченности пород с самообращением. Едва ли десятая доля процента пород обнаруживает какие-либо признаки самообращения при намагничивании в лаборатории. И, наконец, прямо и обратно намагниченные породы располагаются вполне определенным образом в геологическом разрезе, то есть знак намагниченности является функцией возраста породы.

Смены знака намагниченности прослеживаются в геологических колонках всего земного шара и приурочены к одному и тому же времени. Для последних 4,5 млн. лет методом абсолютной датировки удалось определить возраст каждой инверсии магнитного поля, то есть для этого отрезка времени создать абсолютную геохронологическую палеомагнитную шкалу. Для более древних эпох составлена палеомагнитная геохронологическая шкала, привязанная к геологическим возрастным подразделениям. Так же, как и в геологии, каждое геомагнитное подразделение имеет собственное имя.

Палеомагнитная шкала — распределение во времени прямой и обратной полярности для последних 10 млн. лет. Заштрихованные участки соответствуют полю прямой полярности, незаштрихованные — обратной





Значение такой шкалы огромно. Смена полярности геомагнитного поля происходила по всей Земле сразу, то есть смена направления намагниченности в геологической колонке — это планетарный репер, указывающий на одновременность событий. На основании палеомагнитной шкалы определяется возраст пород в тех случаях, когда это невозможно сделать другими методами, а также уточняется возраст пород и привязываются отдаленные геологические разрезы. Палеомагнитные методы определения возраста и стратиграфической корреляции разрезов получили широкое распространение и, в частности, с успехом используются при поисках нефти и газа.

Таким образом, открытие инверсий имело большое и неоспоримое практическое значение. Что же касается теории, то способность геомагнитного поля изменять полярность раз и навсегда положила конец всем гипотезам происхождения геомагнитного поля, основанным на суточном вращении Земли. Зато получили дополнительное обоснование и стали успешно развиваться гипотезы, связывающие происхождение геомагнитного поля с конвективными перемещениями вещества в жидком ядре — динамо-теории геомагнитного поля.

В настоящее время наибольшим признанием пользуется магнитогидродинамическая теория геомагнитного поля в варианте, разработанном советским ученым С. И. Брагинским. Теория магнитогидродинамического динамо предполагает, что из-за неоднородного вращения жидкого ядра (угловая скорость в жидком ядре вы-

ше средней у границы с субъядром и ниже средней — у границы с мантией) магнитные линии некоторого внешнего поля (происхождение и величина этого внешнего поля не играют роли) засасываются неоднородно вращающейся жидкостью, вытягиваются вдоль географических параллелей. Затем они отшнуровываются, образуя два замкнутых кольца магнитных линий, **два тороида** — одно в северном, другое в южном полушарии. В жидком ядре существуют конвективные вихри. Эти конвективные движения проводящего вещества взаимодействуют с тороидальными магнитными полями, в результате чего возникает поле, которое выходит из ядра на поверхность Земли, — **полоидальное поле**. Как только подобный процесс начался, внешнее поле перестает быть нужным. Тороидальные поля образуются при засасывании суточным вращением жидкого ядра магнитных линий полоидального поля.

Обратная задача магнитогидродинамики на современном уровне науки не решается. Это значит, что по характеру поля на поверхности Земли нельзя определить систему конвективных движений. Каждый автор предполагает некоторую схему движений, и развитие теории происхождения геомагнитного поля состоит в основном в доказательстве, что предложенная система движений может вообще привести к генерации магнитного поля и, в частности, реального магнитного поля Земли. Согласно гипотезе С. И. Брагинского, существуют два главных вихря, по одному в каждом полушарии. Движения имеют почти меридиональный характер вдоль границы ядра с мантией, да-

лее — вдоль границы с внутренним ядром и замыкаются в приэкваториальных областях. Однако для окончательного выбора правильного варианта теории и для ее доработки требуются дополнительные экспериментальные данные и, в первую очередь, данные о распределении инверсий во времени и о характере самого процесса переполюсовок, то есть о закономерностях, по которым происходят инверсии геомагнитного поля. Кое-что в этом направлении уже достигнуто. Так, например, известно, что на протяжении истории Земли существовали разные режимы инверсий. В промежутке от 600 млн. лет до 225 млн. лет до н. э. геомагнитное поле в основном имело обратную полярность, то есть северный магнитный полюс находился в северном полушарии. Затем в течение 150 млн. лет полярность магнитного поля преимущественно оставалась прямой: в северном полушарии (как и в наше время) находился южный магнитный полюс. И, наконец, в последние 70 млн. лет происходили многочисленные изменения полярности, причем в среднем продолжительность существования прямого и обратного поля была одинаковой.

Известно также, что эпохи частых инверсий согласуются с циклами горообразования, хотя причинная связь такого согласования еще не установлена.

Как можно видеть, открытие инверсий принципиально изменило наши взгляды на магнитное поле Земли. Природа инверсий еще далеко не выяснена. Перед исследователями остается обширная возможность деятельности и новых открытий.



Доктор физико-математических
наук
А. В. НИКОЛАЕВ

Сейсмическое просвечивание Земли

РЕАЛЬНАЯ СРЕДА

Под этим подразумевают или Землю в целом, или ее элементы — верхние слои, небольшие части. Реальная среда имеет сложное строение: она состоит из сферических оболочек, структура которых неоднородна, а границы неровны. Особенно сложна и неоднородна самая верхняя ее часть — контрастный рельеф дневной поверхности, слои и разнообразные складки, интрузии, трещины, разрывы, сдвиги, разломы. Геофизики фиксируют в этих неоднородностях изменения скоростей сейсмических волн, плотности, электропроводности и магнитной проницаемости. Различают вертикальные изменения (слоистость) и горизонтальные: от самых крупных — планетарных до мелких — размером в несколько метров и меньше. Контраст этих изменений велик. Даже в сравнительно однородных кристаллических массивах он составляет единицы процентов, а в верхней части земной коры, сложенной осадочными породами, — десятки и сотни процентов. Если представить, что в окружающем человека пространстве существуют такого масштаба флуктуации преломления света, то очертания предметов окажутся сильно искаженными, причем эти искажения будут тем сильнее, чем больше расстояния. На расстояниях, равных нескольким десяткам размеров неоднородностей, все превращается в бессистемную мозаику.

В упругой среде распространяются два типа волн — продольные и поперечные («Земля и Вселенная», № 1, 1973, стр. 12—19.—Ред.). На каждой

Изучение детальной структуры неоднородности оболочек Земли, законов развития геодинамических процессов, прогноз землетрясений и извержений вулканов, открытие новых месторождений полезных ископаемых — вот те результаты, которые могут быть получены уже в ближайшие десятилетия методами сейсмического просвечивания.

границе происходит расщепление: продольная порождает не только вторичную продольную, но и поперечную, поперечная — поперечную и продольную. Количество волн произвольных типов быстро множится. Этот эффект трудно описать в привычных зрительных образах: слово «двоится» не подходит. Представим, что мы взяли телескоп, чтобы наблюдать удаленные предметы. Оказывается, он бесполезен: изображение настолько искажено случайной рефракцией, что увеличивать его не имеет смысла. Именно в таких сложных условиях приходится изучать внутреннее строение Земли. Тем не менее «сейсмический телескоп» — антенна — не бесполезен, только возможности его другие.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ АНТЕННЫ

В сейсмологии применяются сложные системы наблюдений — сейсмические группы, или, вернее, антенны. Такие антенны поперечником 100—200 км, состоящие из 150—500 приемных элементов, есть в США и Норвегии. Сейсмические антенны обладают

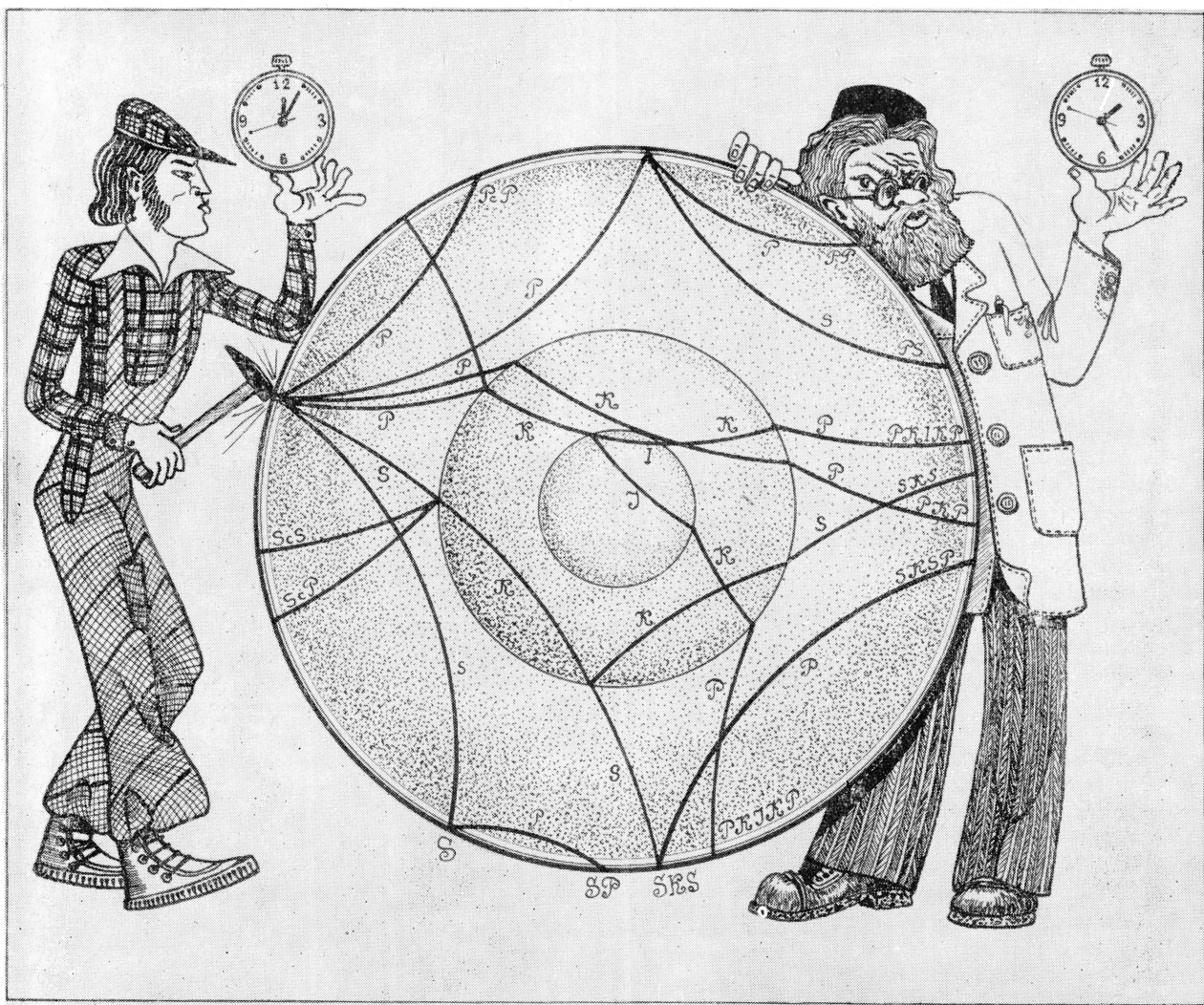
направленностью приема упругих волн и высокой чувствительностью. Большие перспективы обещают комбинированные просвечивания приемными и передающими сейсмическими антеннами. Однако дело здесь обстоит не так просто, как в оптике или радиофизике.

Если отвлечься от функциональных различий, можно считать, что свойства приемных и излучающих антенн во многом сходны. У них одинаковое пространственное расположение элементов и режим работы, одинаковые диаграммы направленности приема и излучения.

В различных областях Земли степень неоднородности земной коры различна, соответственно различны и возможности сейсмических антенн. Сравнительно хорошую направленность можно получить лишь там, где земная кора «прозрачна», а рельеф ее поверхности спокоен, например в платформенных областях и на кристаллических щитах. По аналогии с астрономией можно сказать, что сейсмический телескоп должен устанавливаться там, где воздух чист и небо ясное.

В сейсмических антеннах достигается не только направленность — поднимается уровень полезного сигнала над фоном микросейсмических помех. Это происходит потому, что помехи в соседних пунктах регистрации имеют непохожую форму, тогда как полезный сигнал один и тот же и при суммировании отношение сигнал/помеха растёт.

Сейсмические антенны способны накапливать сигналы во времени путем их многократного повторения. Для этого, однако, необходимы такие



искусственные источники, которые могут многократно излучать похожие сейсмические колебания. Такие источники должны быть и долгодействующими и не должны разрушать вокруг себя среду, в противном случае каждый следующий акт излучения происходит как бы в новой среде — ведь предыдущий уже изменил ее свойства. По-видимому, только механический вибратор может удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к сейсмическим источникам.

МЕХАНИЧЕСКИЙ ВИБРАТОР

Простейший механический вибратор — это маховик, центр тяжести которого смещен относительно оси вра-

щения. При равномерном вращении маховика возникает постоянная по величине сила, действующая в направлении «ось вращения — центр тяжести». Два одинаковых маховика, вращающихся на одной оси навстречу друг другу, создают силу, которая изменяется по гармоническому закону и действует вдоль линии, соединяющей точки встречи их центров тяжести. Такие вибраторы применялись в 30-х годах для изучения сейсмических свойств грунтов. В 60-х годах они были применены в США для сейсмической разведки, основанной на новом, радиолокационном принципе действия источника (посылка в среду сейсмического сигнала большой длительности). Этот метод, получивший

название «Вибросейс», в настоящее время наиболее развитый и прогрессивный.

Можно ли использовать вибраторы для просвечивания глубоких недр мантии и ядра? Какими техническими характеристиками должны обладать такие источники сейсмических волн?

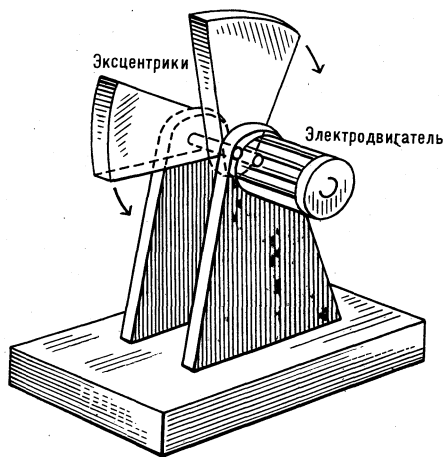
Из опыта сейсмологических исследований известно, что источник, излучающий $5 \cdot 10^9$ Дж сейсмической энергии в диапазоне частот 1—1,5 Гц, достаточно ярко освещает большие глубины и может успешно применяться для их исследования. Величина энергии $5 \cdot 10^9$ Дж сравнительно небольшая, всего 1500 кВт · ч, то есть 15 часов работы 100-киловаттного вибратора. Казалось бы, 100 кВт — до-

вольно обычная мощность (100 электроплиток, трамвайный вагон), но технические трудности создания такого мощного вибратора очень велики. Это связано главным образом с тем, что земные породы обладают очень высоким сопротивлением излучению на низких частотах. Пользуясь аналогией с электричеством, можно сказать, что посылать в землю сейсмическую энергию так же трудно, как нагревать током плохопроводящий материал, изолятор. Сила, необходимая для излучения сейсмической мощности 100 кВт в скальный грунт при частоте колебаний 1 Гц, составляет 30 тыс. т. Она должна быть приложена к довольно большой площади, по крайней мере 300 м², чтобы не разрушить грунт. Такие большие мощности уже освоены техникой, например пресс для холодной штамповки металла развивает силу 70 тыс. т.

Упругая энергия может излучаться не только в твердь, но и в воду. Однако вода обладает сравнительно небольшим сопротивлением излучению, поэтому трудно построить вибратор, развивающий мощность 100 кВт при частоте 1,5 Гц, ведь он должен ритмически вытеснять огромный объем воды — 30 м³! Таким образом, сейсмический вибратор, способный просвечивать глубокие недра Земли, — это сложное и большое, но далеко не циклопическое сооружение.

ВИБРАЦИОННОЕ ПРОСВЕЧИВАНИЕ ЗЕМЛИ

Основная геофизическая задача просвечиваний — это изучение статической модели Земли, «замороженной неоднородности», дрейфующих



неоднородностей и геодинамики («Земля и Вселенная», № 6, 1970, стр. 18—21.— Ред.).

Детальное изучение глубоких недр, мантии и ядра дает информацию об эволюции Земли и состоянии вещества, о причинах и тенденциях развития тектонических и глубинных процессов. Строение земной коры представляет интерес в связи с задачей поиска полезных ископаемых — нефтяных и газовых месторождений, металлогенических зон, алмазных трубок и т. д.

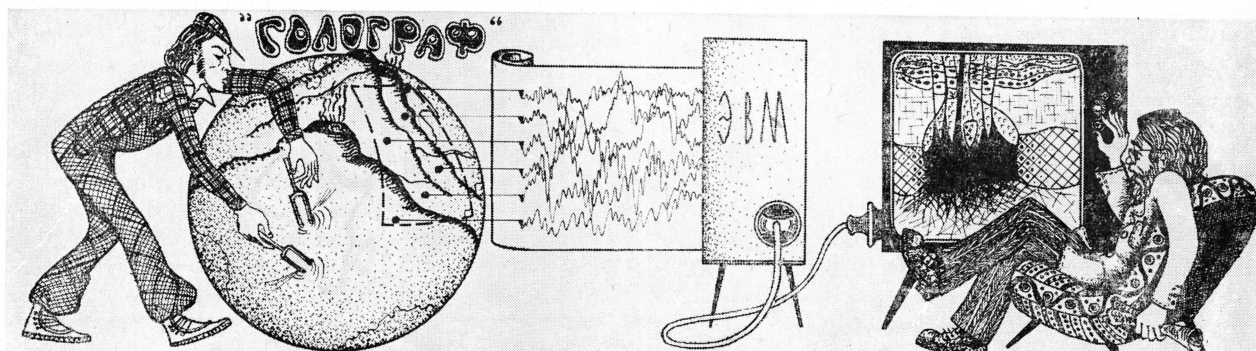
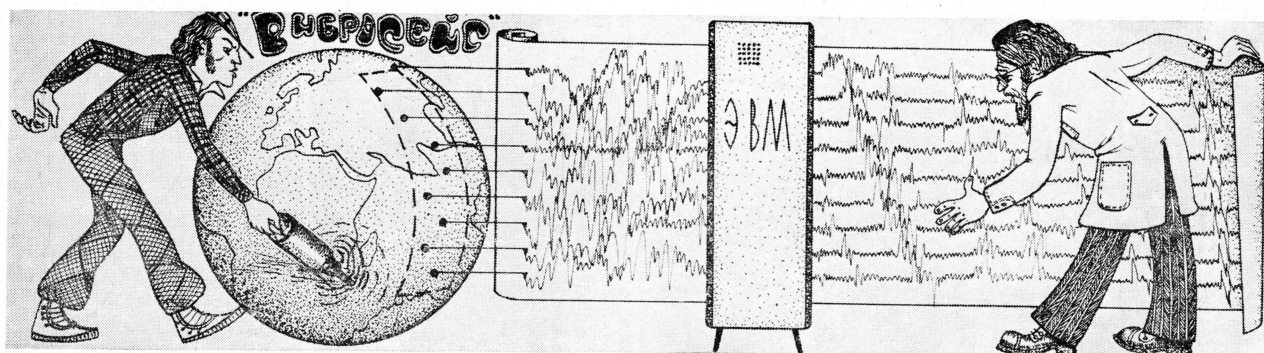
Систематически просвечивая среду, можно исследовать колебания регистрируемых сейсмических волн во времени, а следовательно, и изменения упругих свойств среды. Эти изменения вызваны перемещениями вещества, перераспределением напряжений, фазовыми переходами в недрах Земли. Такие данные не толь-

■ *Эксцентрикковый сейсмический вибратор*

ко воссоздают геодинамическую картину жизни земных недр, но и позволяют предсказывать землетрясения, извержения вулканов. Сейчас уже известно, что землетрясениям средней и большой силы сопутствуют определенные изменения скоростей распространения продольных и поперечных волн в очаговой области, которые могут быть замечены даже при регистрации местных толчков («Земля и Вселенная», № 6, 1967, стр. 3—21.— Ред.).

Виброисточники для просвечивания применяют при наблюдениях двумя основными методами — «Вибросейс» и «Голограф».

В методе «Вибросейс» источник излучает длительный квазигармонический сигнал с плавно изменяющейся частотой. Зарегистрированная сейсмограмма преобразуется в сейсмограмму, соответствующую обычной импульсной форме действия источника. Дальнейшая обработка данных просвечивания ведется общепринятыми в сейсмологии и сейсморазведке приемами. Большое количество наблюдений, направленное излучение и прием колебаний, возможность контролировать источник и воздействовать на него создают условия для решения и очень сложных задач, например выделения тонких деталей строения Земли, размер которых составляет всего несколько длин сейсмических волн. Более мелкие неоднородности, вызывающие рассеяние, могут быть изучены статистически и описаны средними характеристиками — контрастом, преобладающим размером, средним расстоянием между рассеивателями («Земля и Вселенная», № 6, 1968, стр. 34—39.— Ред.).



При наблюдениях методом «Голограф» используют гармонические источники колебаний и сейсмические приемные антенны. Метод сейчас разрабатывается. В его основе лежит идея оптической голографии, использующей когерентные источники света — лазеры. Вибратор, излучающий гармонические колебания, по существу, сейсмический аналог лазера.

Оптическая голография использует два пучка монохроматического света — предметный, направленный на предмет (неоднородность), и опорный, направленный на фотопластинку. Фотопластинка запечатлевает интерференционную картину — голограмму, представляющую собой сложную мозаику светлых и темных пятен. Освещение голограммы опорным пучком создает мнимое изображение предмета, обладающее «трехмерным реализмом» — параллаксом и глубиной резкости. Для сейсмической голографии необходима только предметная волна, а опорную можно задать искусственно в процессе обработки сейсмограмм. Для

восстановления сейсмической голограммы вполне применимы численные методы. Это — трудоемкий процесс, но он дает лучшие результаты,

Просвечивание Земли методом «Вибросейс». Сейсмические волны от вибраторов проходят разными траекториями сквозь Землю и регистрируются приборами приемной антенны в виде длительных запутанных сигналов. Обработывая эти данные на ЭВМ, получают «импульсные сейсмограммы», соответствующие кратковременному, импульсному действию источника

Вибропросвечивание методом «Голограф». Вибраторы излучают сейсмические волны постоянной частоты. Плотная сейсмическая сеть, установленная в «окне наблюдений», регистрирует сложную интерференцию волн, рассеянных на внутренних неоднородностях. По голограмме восстанавливается изображение неоднородности — магматического очага под вулканом

чем восстановление изображения «аналоговым» путем, который требует создания уменьшенной голограммы и освещения ее лазером.

В отличие от традиционных сейсмических исследований, метод «Голограф» использует информацию о строении среды, которую несут волны, рассеянные на неоднородностях — шероховатостях сейсмических границ, крупных и мелких внутренних неоднородностях. Существенно, что методом «Голограф» нельзя установить плавные изменения скорости распространения волн, но зато можно изучать сложно построенную неоднородность: блоковую структуру, контрастные внедрения вещества, границы с сильно развитым и шероховатым рельефом. Таким образом, сейсмические просвечивания методами «Вибросейс» и «Голограф» не исключают, а дополняют друг друга.

Волны разных частот «видят» среду по-разному, и картина земных недр для каждой частоты — «цвета» — оканчивается своей. Три картины — красная, желтая, синяя, соответствующие



трем разным частотам сейсмического источника (низкой, средней, высокой), образуют суммарное цветное изображение.

Итак, объемное цветное изображение «замороженной неоднородности» и «дрейфа», высокое разрешение и достоверность — вот перспективы применения вибропросвечиваний для изучения Земли. Сейсмические волны, излученные виброантенной, как лучом прожектора прорежут глубь Земли и откроют нам богатство ее форм и красок. Еще никто не видел этой необыкновенно выразительной картины. В ней будут запечатлены физические свойства, эволюция и геологическая история, динамика тектонических и глубинных процессов, месторождения и залежи полезных ископаемых. И это — дело не далекого будущего, а завтрашнего и даже сегодняшнего дня. Уже сейчас передвижным сейсмическим вибраторам доступны глубины свыше 60 км, начаты вибропросвечивания сейсмически активной зоны Сан-Андреас, получены обнадеживающие результаты по сейсмической ультразвуковой голографии, разработаны методы интерпретации пространственных сейсмических наблюдений, добывающие информацию о тонкой структуре сейсмических неоднородностей.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И ИНФОРМАЦИЯ

Если сейсмические просвечивания представляются нам довольно ясно в ближайшем будущем, то более отдаленная их перспектива (через 100—1000 лет) едва вырисовывается. Тем не менее уже сейчас можно найти те

черты, которые разовьются и определят облик исследований в далеком будущем.

Рассмотрим взаимосвязь сейсмической информации и энергии. Представим, что мы исследуем «замороженную неоднородность» с помощью десяти приемных сейсмических антенн. Каждая из них, размером порядка 100 км, состоит из 25 элементов. Информацию, собранную за один сеанс просвечивания, найдем по формуле:

$$2\Delta T \cdot \Delta f \cdot \lg \left(1 + \frac{S}{n}\right),$$

где Δf — ширина частотного спектра сейсмического сигнала, ΔT — длительность сигнала, S/n — энергетическое отношение полезного сигнала S к шуму n . Объем информации составит около $3 \cdot 10^4$ десятичных единиц.

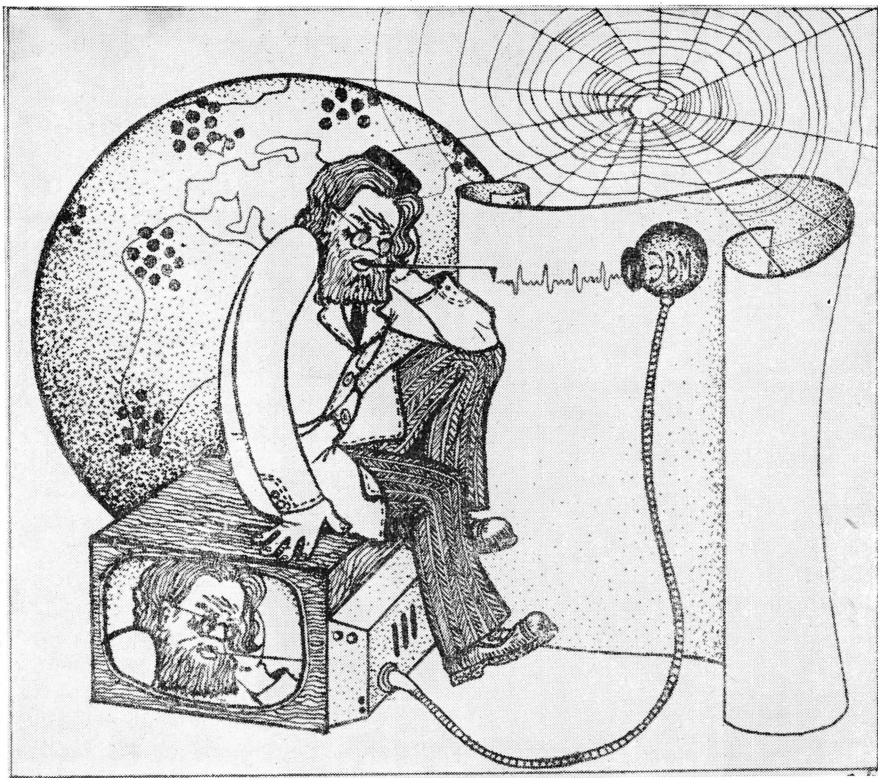
Для детального исследования мантии и ядра на поверхности Земли надо разместить $6,5 \cdot 10^4$ антенн, что обеспечит полную и плотную систему просвечивания. Использование диапазона частот 1—2 Гц потребует в общей сложности около 10^{13} кВт · ч сейсмической энергии и обработки 10^{13} десятичных единиц информации. Чтобы выработать такое количество энергии, потребуется 700 лет непрерывной работы Саяно-Шушенской ГЭС! 10^{13} единиц информации — величина, недоступная современным компьютерам. Тем не менее эти цифры не выходят за пределы сегодняшних возможностей: надо полагать, что уже через несколько десятилетий сейсмология будет в состоянии решить эти технические задачи.

Детальность потребует более тщательного исследования, основанного

на значительно большем объеме информации. Для этого недостаточно сделать сеть источников или приемников более густой. Необходимая плотность сети зависит от отношения сигнал/помеха (S/n). Если сигнал сети едва виден на фоне помех, сеть может быть сравнительно редкой и низкокачественной, и, напротив, чем выше отношение сигнал/помеха, тем плотнее должна быть сеть приемников. Значит, чтобы перейти к более детальным исследованиям, надо прежде всего увеличить отношение сигнал/помеха, то есть повысить энергию источника и, соответственно, сигнала, понизить энергию помех.

Энергию сигнала нельзя повышать беспредельно. Максимальная мощность сейсмических волн, посылаемых в Землю, должна быть не больше 10 кВт/км², иначе уровень микроколебаний в области источника будет опасен для зданий. Одновременно работающие излучатели должны охватывать не более 0,1% всей площади, так как сигналы от близких источников будут мешать регистрации сигналов от удаленных источников. Таким образом, максимально возможная мощность, развиваемая одновременно работающими сейсмическими виброантеннами, составляет $5 \cdot 10^7$ кВт, а максимальная энергия, которая может быть выработана в течение года, $1,6 \cdot 10^{15}$ Дж. Для того чтобы провести сейсмические наблюдения, соответствующие рассмотренной задаче изучения глубоких недр Земли, необходимо затратить по крайней мере $8 \cdot 10^{17} : 1,6 \cdot 10^{15} = 500$ лет — предельно интенсивные исследования!

Относительная энергия колебаний



может быть уменьшена путем группирования сейсмоприемников. Для условий рассмотренной задачи энергии помех может быть понижена примерно в 10 раз, это даст экономии сейсмической энергии вибропросвечивания или (при тех же затратах энергии) повысит их эффективность.

Казалось бы, когда средства группирования исчерпаны, дальнейшее уменьшение фона помех невозможно: характер микроколебаний определен внешними причинами, прогнозировать его и учитывать, то есть вычитать из наблюдаемых сигналов, невозможно. Но это, к счастью, не так. Нельзя прогнозировать помехи, но можно контролировать их источники и определять вклад этих источников в поле микроколебаний, а это значит, что микросейсмы превратятся из помех в полезные сигналы.

■ *«Эпоха микросейсм». Точки на поверхности Земли — сейсмографы. Все источники микросейсм строго контролируются*

ПРИРОДНЫЕ ВИБРАТОРЫ

Основные источники микросейсм — волнение морей и озер, действие ветра, шум промышленных предприятий («Земля и Вселенная», № 4, 1971, стр. 42—45.—Ред.). Представим себе, что небольшой участок земной поверхности служит источником микросейсм, которые создаются, например, волнами прибоя. Установим на нем контрольный сейсмограф и будем регистрировать сейсмические колебания. Такую запись можно рассматривать как форму сложного вибросигнала, излучаемого в среду, причем вибратором служит окрестность точки контроля, испытывающая синхронные колебания. В микросейсмических колебаниях любой точки Земли всегда можно выделить ту маленькую долю энергии, которая генерируется естественным вибратором. Принцип выделения сигнала на фоне микросейсм и вычисления импульсной сейсмограммы здесь совершенно тот же, что и в «Вибросейс»-просвечива-

ниях. Итак, маленькая доля энергии микросейсм оказывается «освоенной» ими, то есть превращенной в полезный сигнал от источника, помещенного в точку установки контрольного прибора. Оставшийся фон микросейсм стал немного слабее. Для того, чтобы освоить другие источники, надо расставить контрольные приборы в местах их действия. В первую очередь следует взять под контроль источники промышленных помех: турбины гидростанций и водосбросы, большие промышленные предприятия, затем участки береговых линий, подверженные сильному действию волн прибоя — акватории океанов, морей, озер, а по возможности и остальные площади.

Переход к контролю и использованию микросейсм будет означать новый и, вероятно, завершающий этап развития сейсмологических просвечиваний — переход от «сейсмологии вибраторов» к «сейсмологии микросейсм». Для того чтобы достичь его, надо пройти этап развития активных просвечиваний с помощью приемных антенн и вибросейсмических антенн-излучателей, техники сбора и обработки колоссальных объемов цифровой информации.

Сейчас сейсмология находится в стадии юности — «сейсмологии землетрясений». Наступает самый важный и интересный этап ее развития — научно-техническая революция, открывающая перспективу решения важнейших проблем теоретической и прикладной геофизики.

Рисунки В. ЛОВЧУКА



Кандидат физико-математических
наук
Б. В. КОМБЕРГ

Два новых спутника нашей Галактики?

Галактики во Вселенной избегают одиночества. Они предпочитают объединяться в пары и группы, которые входят в состав еще больших комплексов — скоплений галактик. В бедных скоплениях содержатся сотни членов, в богатых — тысячи и больше. Несколько скоплений галактик могут образовывать сверхскопление. Поражают масштабы этих «ячеек» Вселенной: типичное скопление имеет размеры в несколько мегапарсек (1 Мпс = $3 \cdot 10^{24}$ см), а сверхскопление — еще в десятки раз больше.

Наша Галактика в этом смысле не исключение. Млечный Путь — много-рукавная спиральная галактика — находится в близком соседстве с гигантской спиралью в созвездии Андромеды, и обе они входят в Местную группу галактик. Эта группа размерами около 1 Мпс насчитывает примерно 30 членов, большинство из которых принадлежит к карликовым сфероидальным звездным системам. Их диаметр всего несколько килопарсек. Местная группа, по мнению известного французского астронома Ж. Вокулера, вместе с ближайшими к нам группами галактик образует Локальное облако — уплощенную систему галактик толщиной около 2 Мпс и длиной 6 Мпс. Локальное облако и еще несколько подобных комплексов являются членами Локального сверхскопления. Эта грандиозная даже по космическим масштабам система галактик имеет длину около 60 Мпс и толщину 20 Мпс. В ее центре расположено богатое сложноструктурное скопление галактик в созвездии Девы, отстоящее от нас примерно на 15 Мпс. Плоскость симметрии нашей Галактики почти перпендикулярна

До недавнего времени у нашей Галактики насчитывалось 11 карликовых спутников. Они были открыты на фотографиях, полученных большими телескопами. Еще два спутника, по-видимому, обнаружили радиоастрономы.

плоскости Локального сверхскопления, которая, по данным Ж. Вокулера, наклонена к плоскости симметрии Локального облака всего на 15° .

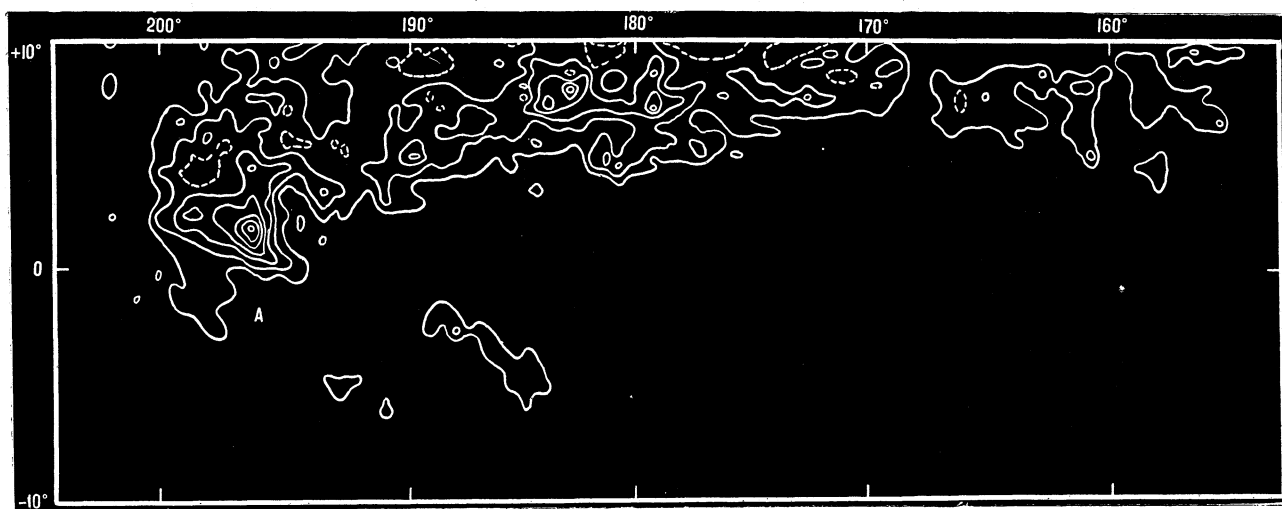
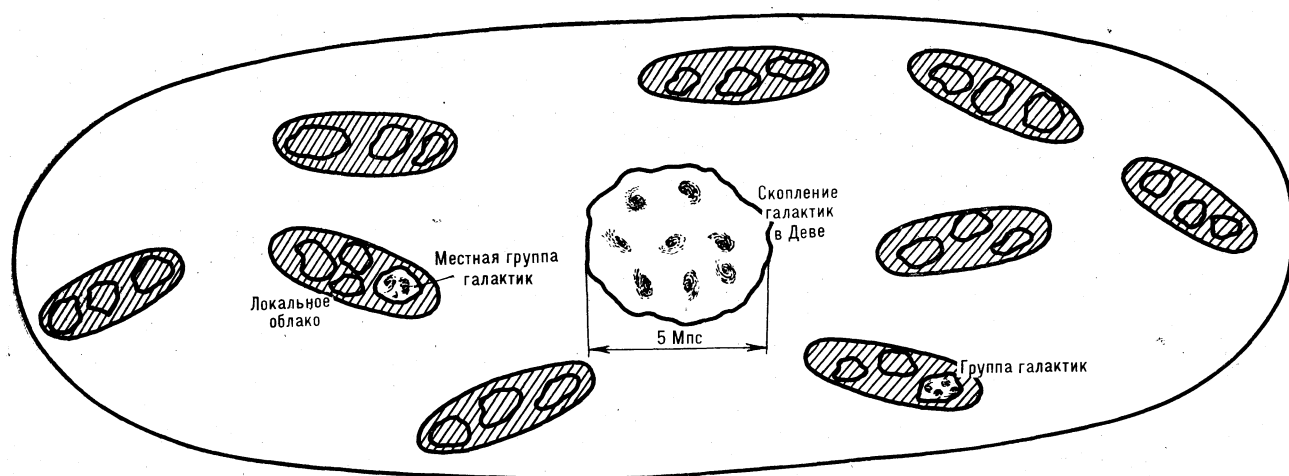
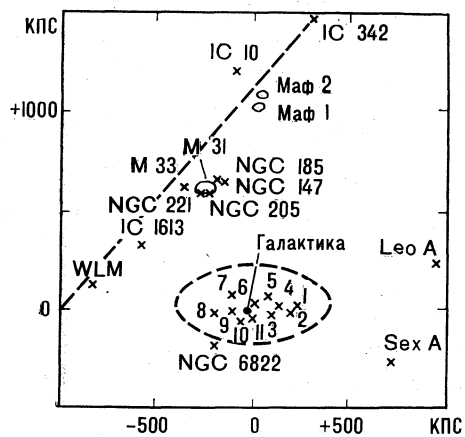
Но вернемся к близким окрестностям Галактики. Какие карликовые звездные системы можно считать нашими спутниками, то есть объектами, движением которых управляет гравитационное поле нашей Галактики? Ж. Вокулер относит к ним 11 галактик.

Вероятно, есть еще и неизвестные спутники нашей Галактики, которые или очень слабо излучают в оптиче-

ском диапазоне, или находятся вблизи плоскости Млечного Пути, где свет сильно поглощается пылью. Например, в 1968 году американский астроном П. Маффей открыл два новых массивных члена Местной группы — эллипсоидальную галактику Маффей 1 и спиральную Маффей 2, лежащих почти в плоскости Галактики, на расстоянии около 1,5 Мпс от нее. Обнаружить их удалось при исследовании области Млечного Пути в инфракрасном диапазоне (2 мкм), где поглощение пылью невелико. Спутники Галактики, содержащие достаточное количество газа, можно пытаться найти по излучению радиолинии нейтрального водорода (длина волны 21 см). Определив доплеровское смещение линии 21 см, можно оценить радиальные скорости галактик. Это иногда нелегко сделать для спутников, слабо излучающих в оптическом диапазоне, поскольку спектры их по-

СПУТНИКИ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ

Спутники	Расстояние от центра Галактики, кпс	Абсолютная звездная величина	Диаметр, кпс
Б. Магелланово Облако	48	-18^m	8,4
М. Магелланово Облако	48	$-16,0$	3,9
Скульптор	110	$-11,2$	?
Печь	230	$-12,9$	4,0
Дракон	60	?	0,23
Б. Медведица	80	?	?
М. Медведица	120	$-5,8$	0,08
Лев I	230	$-10,7$	0,8
Лев II	230	$-9,1$	0,7
Секстанс С	140	?	?
Пегас	170	$-8,7$	0,4



лучаются очень плохими. Правда, только по данным наблюдений в линии 21 см не удастся надежно оценить расстояния до объектов, так что спутники, обнаруженные в радиодиапазоне, необходимо наблюдать и в оптическом.

Хотя специальные поиски спутников нашей Галактики в линии 21 см не проводились, однако уже с 1963 года радиоастрономы наблюдают на длине волны 21 см водородные облака, движущиеся с очень высокими скоростями (до 300 км/с). Таких облаков или их комплексов к настоящему времени обнаружено около 60. Природа их пока не ясна, да и расстояния до них не известны. Вероятнее всего, они являются членами Местной группы или Локального облака. Об этом свидетельствуют, например, их близость по угловому расстоянию к некоторым галактикам Местной группы и Облака, а также их вытянутость в направ-

лении плоскости симметрии Локального облака или Сверхскопления.

Одно из таких высокоскоростных водородных облаков австралийский радиоастроном Д. Мэтьюсон обнаружил в области с галактической долготой 300° и широтой -70° . Размеры всего этого образования $7 \times 2,5^\circ$, а яркой центральной конденсации $0,5 \times 1,2^\circ$. Как показали исследования, распределение радиальных скоростей вдоль радиуса водородного облака (кривая вращения) напоминает кривые вращения обычных галактик, поэтому Мэтьюсон предположил, что открыт новый спутник нашей Галактики, содержащий около $8 \cdot 10^7$ солнечных масс нейтрального водорода. По оценкам Мэтьюсона, такой спутник может находиться в 50 кпс от центра Галактики, иметь размеры около 4 кпс, оптическую светимость порядка $6 \cdot 10^7$ солнечных. Чтобы спутник не распался под действием приливных сил со стороны нашей Галактики, его полная масса не должна быть меньше $4 \cdot 10^8$ солнечных.

Возможно, что еще один спутник нашей Галактики открыл американский радиоастроном С. Симонсон. Анализируя данные наблюдений в линии 21 см, он обнаружил вблизи плоскости Галактики некое образование. Его яркая центральная часть размером $7 \times 2^\circ$ имеет галактическую долготу 197° и широту 2° и движется к нам со средней радиальной скоростью 50 км/с. От яркой конденсации к галактическому экватору тянется почти на 50° по долготе хвостобразная структура. По мнению Симонсона, такую структуру мог бы иметь спутник нашей Галактики. Через 40 млн. лет он должен пройти на

наименьшем расстоянии от центра Галактики, равном 22 кпс. Этот спутник, полная масса которого 10^8 солнечных, должен двигаться почти в плоскости Галактики, в направлении ее вращения. Расстояние от Солнца до спутника сейчас оценивается в 17 кпс, а масса нейтрального водорода в нем примерно $4 \cdot 10^6$ солнечных. Водородный хвост за спутником может быть объяснен приливным воздействием нашей Галактики на газовый компонент спутника. Расчет на ЭВМ такой возможности показал удовлетворительное согласие с наблюдениями.

Итак, если интерпретация наблюдений в линии 21 см, сделанная Мэтьюсоном и Симонсоном, подтвердится, то «семья» спутников нашей Галактики увеличится до 13 членов. Однако здесь решающее слово будет за оптической астрономией. На картах Паломарского атласа на месте водородного облака, открытого Симонсоном, наблюдается около 20 незвездных объектов. Что это: туманности и скопления в новом спутнике или объекты нашей Галактики — пока сказать трудно. Концентрация слабых цефеид и других переменных звезд в этой области не замечена. В ближайшее время на крупнейших телескопах будут проводиться тщательные исследования областей, где находятся новые спутники Галактики.

Местная группа галактик. Пунктиром обведены спутники нашей Галактики: 1 — Лев I, 2 — Лев II, 3 — Секстан С, 4 — Большая Медведица, 5 — Малая Медведица, 6 — Дракон, 7 — Пегас, 8 — Печь, 9 — Скульптор, 10 — Малое Магелланово Облако, 11 — Большое Магелланово Облако

Строение Локального сверхскопления по Ж. Вокулеру. Размеры Сверхскопления 60×20 Мпс

Радиокарта возможного спутника Галактики, открытого Симонсоном (длина волны 21 см). Видна яркая «голова» (А) и длинный «хвост» спутника



Павел Петрович Паренаго

(К 70-летию со дня рождения)

Основатель советской школы звездной астрономии член-корреспондент АН СССР Павел Петрович Паренаго родился 20 марта 1906 года в Краснодаре (бывш. Екатеринодар) в семье врача-хирурга. В 1912 году семья Паренаго переехала в Москву. Здесь П. П. Паренаго в 1922 году окончил среднюю школу.

В 1920 году внимание 14-летнего Павлика привлекла вспышка Новой звезды в созвездии Лебедя. И уже в 1921—1922 годах он становится серьезным наблюдателем переменных звезд. В Московском университете, куда П. П. Паренаго поступил осенью 1922 года, он посещал в основном специальные лекции по астрономии. В то время в университете существовала не курсовая, а предметная система образования: посещение занятий, как и окончание в срок курса, не были строго обязательными. Учась в университете, Павел Петрович начал систематические наблюдения на астрономической обсерватории. В декабре 1925 года он был принят научным сотрудником в Государственный астрофизический институт, а в 1927 году — в Научно-исследовательский астрономо-геодезический институт при Московском университете. В 1931 году Московская обсерватория и оба эти института слились в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга, в котором П. П. Паренаго с 1932 года работал старшим научным сотрудником. В 1935 году ему была присуждена ученая степень доктора физико-математических наук без защиты диссертации.

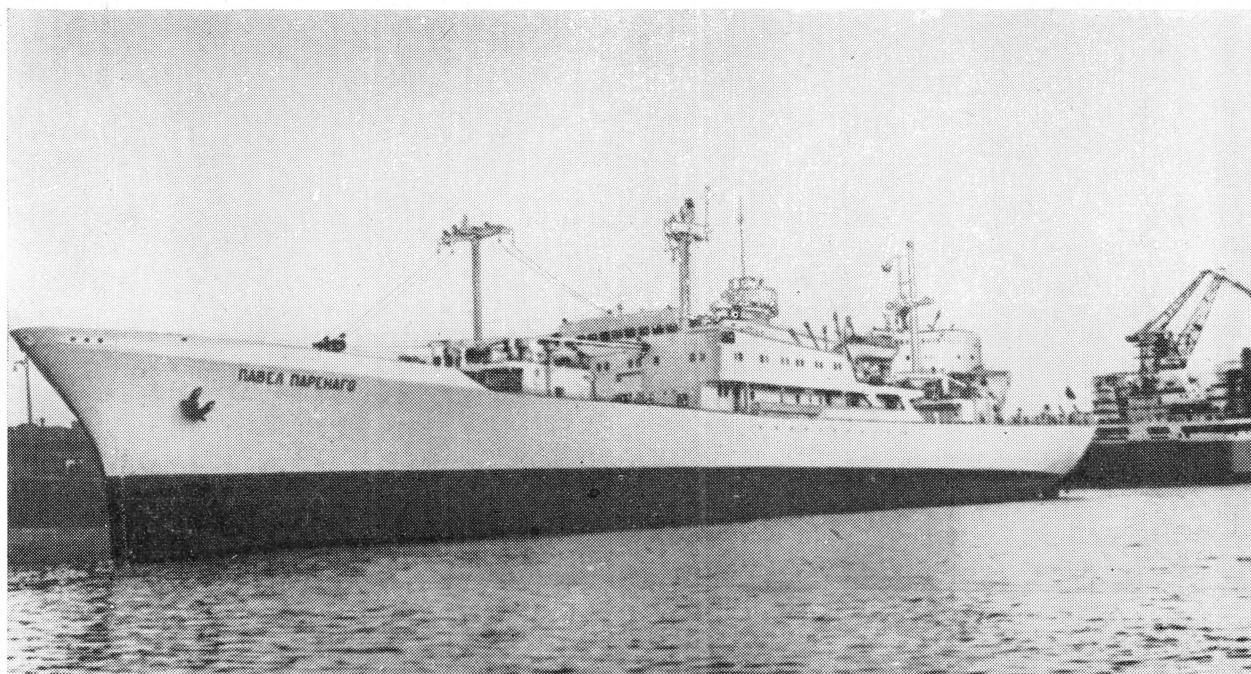
Педагогическую деятельность Павел Петрович начал в 1930 году ас-



систентом, а затем доцентом кафедры математики Института стали. В 1937 году П. П. Паренаго — доцент, а в 1938 году — профессор кафедры астрономии Московского универси-

тета: он читает курсы звездной астрономии, сферической астрономии, теории вероятностей и математической обработки наблюдений и звездной динамики. С 1940 года Павел Петрович заведует организованной по его инициативе кафедрой звездной астрономии Московского университета. В 1941—1944 годах П. П. Паренаго — инженер-капитан авиационной служ-

■
Павел Петрович Паренаго (1906—1960)



бы, специалист по авиационной метеорологии. Вернувшись в университет, П. П. Паренаго продолжает свою научную деятельность и преподавательскую работу. В 1953 году его избирают членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Начав с фотометрических исследований переменных звезд (всего им изучено более 600 переменных), П. П. Паренаго перешел вскоре к всестороннему изучению разнообразных характеристик звезд вообще и особенно их движений. Он занимался поиском статистических связей между этими характеристиками и пространственным расположением звезд, а также исследованием строения Галактики. Для этой цели Павел Петрович собрал и систематизировал в карточных каталогах обширный наблюдательный материал. Он стал признанным специалистом в области звездной астрономии и главой научной школы, организатором первой в стране кафедры звездной астрономии и автором капитального учебника «Курс звездной астрономии», выдержавшего три издания (1938, 1946 и 1954) и переведенного на ряд иностранных языков.

Многочисленные научные труды П. П. Паренаго и других московских исследователей переменных звезд, а также собранная ими громадная коллекция рефератов всей мировой литературы о переменных звездах дали основание исполкому Международного астрономического союза (МАС) в 1946 году поручить московским астрономам составление и издание «Общего каталога переменных звезд». Павел Петрович был соавтором двух его изданий (1948 и 1958), а также соавтором «Каталога звезд, заподозренных в переменности» в первом издании (1951). Совместно с Б. В. Кукаркиным, М. С. Зверевым, Н. Ф. Флоря и другими П. П. Паренаго написал большую монографию «Физические переменные звезды» (1937), а вместе с Б. В. Кукаркиным — книгу «Переменные звезды и способы их наблюдения» (1938), которая имела большое значение для многочисленных советских любителей астрономии, наблюдающих переменные звезды.

Стремление использовать физиче-

Теплоход «Павел Паренаго» Латвийского морского пароходства

ские переменные звезды как индикаторы расстояний при изучении строения Галактики привело П. П. Паренаго к необходимости исследовать проблему поглощения света в межзвездном пространстве. Он разработал метод учета этого поглощения (1936—1945), что способствовало значительному повышению точности определения расстояний в Галактике и решению проблемы ее строения.

Ряд работ посвятил П. П. Паренаго статистическим закономерностям, в частности, знаменитой диаграмме Герцшпрунга — Расселла (зависимость «спектр—светимость») и зависимости «масса—радиус—светимость». Он был организатором дискуссии о диаграмме Герцшпрунга—Расселла на X съезде Международного астрономического союза в 1958 году в Москве и, хотя уже был очень болен, выступил на ней с основным докладом.

Много лет Павел Петрович занимался проблемами кинематики звезд и звездной динамики. Совместно с Б. В. Кукаркиным он развил представление о существовании в Галактике подсистем различных объектов и связал его с проблемами космогонии звездных систем. Используя об-

АСТРОНОМЫ ЧТЯТ ПАМЯТЬ П. П. ПАРЕНАГО

ширный статистический материал, П. П. Паренаго получил основные количественные характеристики различных подсистем и разработал метод оценки полного числа объектов каждой подсистемы.

Особое внимание Павел Петрович уделил туманности Ориона. В 1954 году он завершил фундаментальное исследование всех объектов, входящих в эту туманность, в том числе — нескольких сот переменных звезд.

В цикле работ, посвященных звездной динамике, П. П. Паренаго дал новую теорию распределения масс в Галактике и вытекающего отсюда закона изменения силы притяжения в Галактике, а также теорию галактических орбит звезд и, в частности, Солнца. Он исследовал закон вращения Галактики и ее спиральную структуру.

Всего П. П. Паренаго опубликовал 225 оригинальных научных работ, свыше 40 обзорных и более 150 популярных статей и книг. За цикл научных работ по строению Галактики Павел Петрович был награжден премией имени Ф. А. Бредихина Академии наук СССР. (Жизнеописанию и анализу научной деятельности П. П. Паренаго посвящена статья в VII выпуске «Историко-астрономических исследований».)

В последние годы жизни тяжело больной П. П. Паренаго не прекращал научной деятельности. После смерти Павла Петровича (1960) его многочисленные ученики продолжили начатые им исследования на многих обсерваториях страны.

Доцент
П. Г. КУЛИКОВСКИЙ

Ученый совет Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга посвятил свое заседание 18 марта 1976 года памяти выдающегося советского астронома Павла Петровича Паренаго.

В институте была развернута выставка и установлен стенд с трудами П. П. Паренаго. Среди экспонатов выставки — фотоальбом и телеграмма с теплым приветствием от команды теплохода «Павел Паренаго» Латвийского морского пароходства, а также карта из «Атласа обратной стороны Луны», на которой изображен кратер, названный именем П. П. Паренаго.

На заседание приехали астрономы из Риги, Вильнюса, Тбилиси, Ростова-на-Дону, Пулково, Горького, Киева, присутствовали вдова П. П. Паренаго Ангелина Ивановна и их сын Олег Павлович.

После краткого вступительного слова председателя ученого совета профессора Д. Я. Мартынова состоялись научные доклады, в которых было обрисовано современное состояние проблем, особенно интересовавших П. П. Паренаго.

Профессор Б. В. Кукаркин рассказал о бурном росте сложного мирового «хозяйства» переменных звезд и об истории их исследования в СССР. По инициативе П. П. Паренаго и докладчика и под их руководством советские астрономы начали громадный коллективный труд — составление и издание «Каталогов переменных звезд», получивших высокую оценку во всем мире.

Директор Абастуманской астрофизической обсерватории академик АН ГрузССР Е. К. Харадзе сообщил о выполнении «плана Паренаго» — комплексного изучения советскими обсерваториями избранных участков Млечного Пути.

Доклад Ю. Н. Ефремова, Д. Н. Каримовой и Е. Д. Павловской «Кинематика и эволюция звезд» был посвящен современной интерпретации закономерностей, обнаруженных П. П. Паренаго в кинематике звезд.



Корреляции между возрастом, химическим составом и параметрами галактических орбит звезд согласуются с гипотезой их образования в газовой протогалактике и трудно объяснимы в рамках иных космогонических гипотез.

Доктор физико-математических наук А. С. Шаров рассказал о системе шаровых скоплений Галактики, которые делятся на две группы, отличающиеся своими средними интегральными спектрами, кинематикой, распределением пространственной плотности и в конечном счете возрастом. Доклад иллюстрировался рисунками, показавшими, как возросли и уточнились наши знания о шаровых скоплениях с 1941 года, когда П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркин и Н. Ф. Флоря провели первое всестороннее исследование (опубликовано лишь в 1949 г.) всех извест-

Выступает профессор Б. В. Кукаркин

ных в ту пору шаровых скоплений. Оценка полного числа шаровых скоплений привела А. С. Шарова к выводу о том, что пока нам известна лишь четверть всех скоплений нашей Галактики.

Член-корреспондент И. С. Шкловский выступил с докладом «Четыре фазы межзвездной среды в Галактике». П. П. Паренаго много занимался межзвездной средой, разрабатывая свой известный метод учета межзвездного поглощения света. В настоящее время имеются веские доказательства существования, помимо газовой и пылевой составляющих, таких областей межзвездного пространства, в которых вещество находится в плазменном состоянии при температуре 10^6 К, а также очень холодных (температура около 10 К) и плотных облаков межзвездного вещества с массой до 10^4 солнечных.

Многочисленные плазменные области свидетельствуют о происшедших космических катастрофах — вспышках сверхновых звезд, число которых за последний миллион лет можно оценить примерно в 10 тысяч. Есть указания на сложный химический состав плазменной компоненты межзвездной среды. В облаках холодного и плотного вещества уже обнаружено до 40 молекул и их изотопов. Вероятно, здесь и происходит в нашу эпоху образование звезд.

В заключительном докладе А. С. Шарова «П. П. Паренаго и его жизнь в науке (научометрический аспект)» были приведены весьма впечатляющие данные о количестве и объеме опубликованных П. П. Паренаго научных работ в функции времени. П. П. Паренаго занимает одно из первых мест в отечественной астрономии — как по научной продукции, так и по числу ссылок на его труды и «продолжительности жизни» многих его работ. Например, с 1945 по 1960 год в «Астрономическом журнале» было около 300 ссылок на труды П. П. Паренаго (следующие за ним два автора имели лишь по 150 ссылок).

Отмечая выдающиеся заслуги Павла Петровича Паренаго в развитии советской астрономии и его научно-организаторскую деятельность, президиум Астрономического совета АН СССР посмертно наградил П. П. Паренаго медалью «За обнаружение новых астрономических объектов». Профессор А. Г. Масевич вручила эту медаль Ангелине Ивановне и Олегу Павловичу Паренаго, которых тепло приветствовали собравшиеся.

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

**Не забудьте вовремя
оформить подписку на журнал
«Земля и Вселенная»
на 1977 год**

Подписка принимается без ограничений

во всех пунктах

«Союзпечати»,

в отделениях связи, почтамтах

и у распространителей печати.

Обо всех случаях отказа в подписке

просим сообщать

в Центральную контору «Академкнига»

по адресу: 103624 ГСП Москва К-12

Большой Черкасский переулок, 2/10.

Индекс 70336



ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В КАМЕНОЛОМНЕ

7 июня 1974 года вблизи городка Уаппинджер-Фоллс (штат Нью-Йорк, США) произошло землетрясение. Толчок был не сильным, всего с магнитудой 3,3 по шкале Рихтера, ни жертв, ни разрушений он не вызвал. В следующую неделю за ним произошли более ста афтершоков — повторных толчков, совершенно безвредных.

Интерес к этим, в общем-то, заурядным событиям привлекло другое. Изучив записи сейсмических приборов, П. Помрой из Геологического управления штата Нью-Йорк и М. Л. Сбар из Ламонтской геологической обсерватории (Палисейдс, штат Нью-Йорк) пришли к выводу, что землетрясение было вызвано разгрузкой напряжения в земной коре, связанной с добычей камня в штольных. Действительно, все афтершоки происходили или внутри огромной толщи доломитовых известняков, в которых расположена давно и интенсивно разрабатываемая каменоломня, или непосредственно под ней. И глубина фокуса землетрясения была необычно мала — от 0 до 1,5 км.

«Science News», 108, 18, 1975.

ОБ ОЗОНЕ

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) опубликовала результаты исследования проблемы воздействия сверхзвукового авиатранспорта на озоносферу Земли.

Основные выводы, к которым пришла созданная ВМО группа экспертов, сводятся к тому, что сверхзвуковые самолеты (если их производят не более 30—50 в год) не могут причинить существенного вреда озоносферной слою атмосферы.

С другой стороны, озоносфера может претерпеть существенные изменения, если число сверхзвуковых самолетов во всем мире значительно возрастет или начнутся полеты выше принятых ныне уровней 15—16 км.

ВМО призывает к заключению международного соглашения о максимально допустимых пределах выбросов выхлопных газов для сверхзвуковых самолетов.

«Science News», 109, 3, 1976.

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ НОВОЙ

Рентгеновская Новая А 0620-00 наблюдалась 10 сентября 1975 года с борта советской орбитальной станции «Салют-4». Рентгеновские телескопы станции на протяжении 20 минут сканировали рентгеновский источник. Яркость его в диапазоне энергий от 2,2 до 11 кэВ за это время практически не менялась, но в более мягкой области спектра (ниже 2,2 кэВ) скорость счета фотонов возросла. Был получен и рентгеновский спектр источника. Оказалось, что он хорошо соответствует излучению оптически тонкого слоя плазмы, нагретой до 30 млн. градусов.

11 сентября 1975 года наблюдения рентгеновской Новой в оптическом диапазоне начались на Южной станции Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. В. М. Лютый на 60-сантиметровом телескопе измерял блеск и цветовые характеристики оптического объекта, отождествляемого с рентгеновской Новой. За два месяца наблюдений блеск объекта уменьшился примерно на 2 звездные величины. Кроме систематического падения блеска наблюдались флуктуации с амплитудой около 0,1 звездной величины и характерным временем около часа. С таким же характерным временем менялись и цветовые характеристики, но никакой зависимости между изменениями яркости и цвета обнаружить не удалось. В. М. Лютый считает, что возможны и быстрые флуктуации блеска звезды с характерным временем 1—2 минуты. По величине межзвездного поглощения для звезд сравнения он нашел, что расстояние до рентгеновской Новой должно превышать 2 кпс.

«Письма в «Астрономический журнал», 2, 2, 1976.

НОВЫЙ КЛАСС РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Все известные звездообразные рентгеновские источники наблюдаются в диапазоне энергий выше 1 кэВ. В более мягкой рентгеновской области эти источники практически невидимы. Но неожиданно во время полета американского исследовательского спутника SAS-3 был открыт точечный рентгеновский источник, который замечен лишь в очень мягком диапазоне около 0,1 кэВ. Расположен он в созвездии Волос Вероники. Наблюдения показали, что яркость источника если и меняется, то не больше чем на 3%. Не удалось обнаружить и пульсаций блеска с периодом от 1,6 до 850 секунд. Температура излучающего газа, по рентгеновским измерениям, около 200—500 тыс. градусов.

Мягкое рентгеновское излучение хорошо поглощается межзвездным газом, значит, источник в созвездии Волос Вероники не может находиться очень далеко, иначе его излучение не достигло бы Земли. В определении расстояния может помочь оптическое отождествление, но вблизи источника нет ни ярких звезд, ни известных остатков сверхновых. Единственный «подозрительный» объект — белый карлик HZ 43. Расстояние до него 30—150 пс, а температура поверхности 57 тыс. градусов — в несколько раз меньше, чем дают рентгеновские измерения. Поэтому отождествление нельзя считать надежным. Американские исследователи Б. Маргон, Р. Малина и другие предполагают, что открыт новый класс точечных рентгеновских источников.

«Astrophysical Journal Letters», 203, 1, 1976.

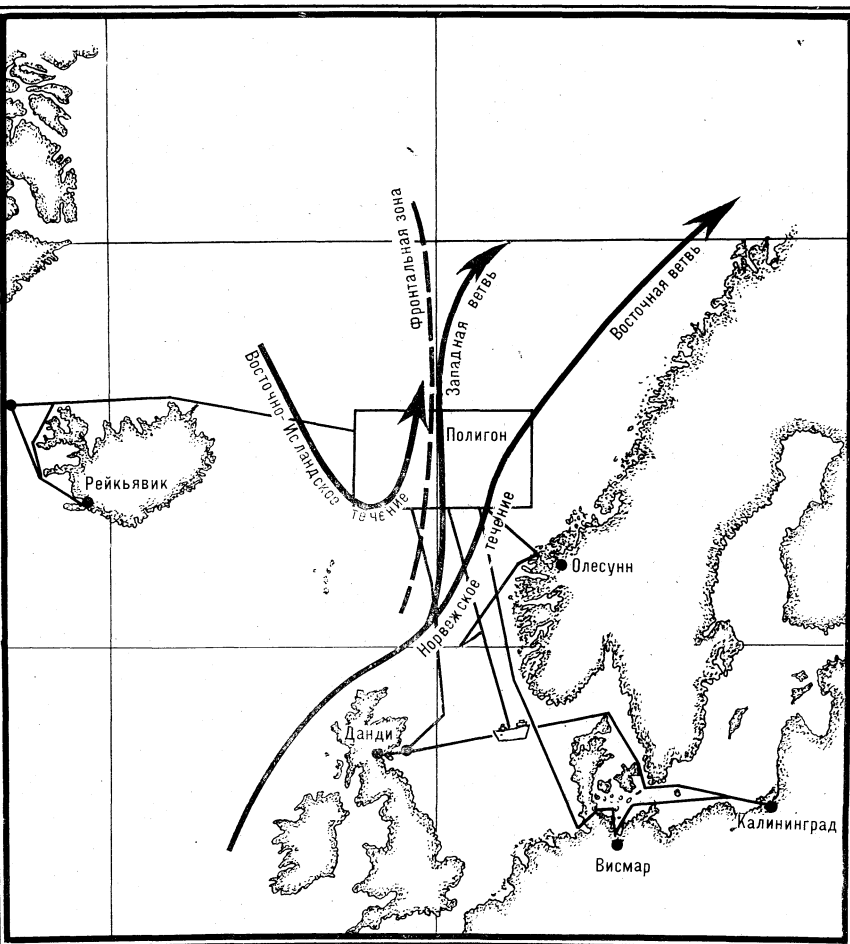


Доктор географических наук
В. Г. КОРТ
Кандидат физико-математических наук
Е. Г. МОРОЗОВ

«Академик Курчатов» в Норвежском море

21-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» (Институт океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР) проходил летом 1975 года в южной части Норвежского моря. Эта акватория подвержена непрерывному влиянию циклонов и антициклонов, которые в значительной степени определяют погоду севера европейской части нашей страны. Основная задача экспедиции — изучение мезомасштабной (периоды колебаний от часов до суток, размеры — от сотен метров до десятков километров) пространственно-временной изменчивости основных гидрофизических полей: течений, температуры, плотности («Земля и Вселенная», № 1, 1974, стр. 4—8.—Ред.). Поэтому выбранный район представляется отличным полигоном для изучения взаимодействия атмосферы и океана, в частности, реакции океана на динамические воздействия атмосферы. Гидрологические условия здесь характеризуются двумя фронтальными зонами, самая мощная из которых формируется в области встречи холодного Восточно-Исландского течения и теплого Норвежского — продолжения Гольфстрима и Северо-Атлантического течения. Гидрологам особенно интересно работать на границах раздела между водными массами.

Гидрологические измерения в Норвежском море имеют давнюю историю. Одним из первых гидрологических работ в нем проводил Ф. Нансен в начале XX века. Именно в Норвежском море он впервые обнаружил внутренние гравитационные волны («Земля и Вселенная», № 1, 1967, стр. 48—53.—Ред.). Много



гидрологических измерений в этом районе было связано с интенсивным рыбным промыслом. Однако комплексные наблюдения разных параметров с подобными измерениями течений здесь проводятся впервые.

Научная программа рейса включала исследование течений от поверхности до глубины 1500 м с помощью авто-

Схема маршрута научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» в 21-м рейсе и основные течения в районе работ экспедиции. Пунктиром показана фронтальная зона — область между встречающимися водными потоками



номных измерителей течений на буйковых станциях (для получения статистических характеристик распределения скорости и направления течения во времени и пространстве), изучение их изменчивости в приливном, инерционном и синоптическом масштабах, расчеты средних полей температуры, солёности, содержания кислорода, фосфатов, щёлочности и других характеристик, сбор данных о распределении температуры и влажности воздуха по высоте от поверхности океана до 3000 м над ним, проведение наблюдений за ионосферой и космическими лучами в районе работ, а также изучение рельефа дна и сбор навигационно-гидрографической информации.

Кроме того, наша экспедиция стала первым этапом подготовки крупнейшего гидрофизического советско-американского эксперимента ПОЛИМОДЕ, который будет осуществлен в 1977—1978 годах. Предстоят длитель-

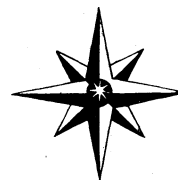
ные измерения течений и других гидрологических элементов в центральной Атлантике. На экспедицию возлагалась сверка работы советских и американских зондов температуры и солёности — интеркалибрация. С этой целью в нашей работе принимали участие трое американских ученых.

В период экспедиции (с 7 июля по 21 сентября 1975) на гидрофизическом полигоне функционировало 15 буйковых океанографических станций. Скорость и направление морских течений измерялись на семи станциях непрерывно 66 суток, а на восьми остальных станциях течения фиксиро-

вались за промежуток времени от 3 до 20 суток. Выполнены три гидрологические съемки полигона на станциях, расположенных через 30 миль. Каждый день с борта судна поднимались шары-зонды с аппаратурой для вертикального зондирования атмосферы.

Прибыв в район работ 7 июля, экспедиция приступила к выполнению научной программы. На первом этапе рейса выполнялась гидрологическая съемка и постановка буйковых станций. К счастью, море было спокойным, и хотя оно считается одним из холодных в северном полушарии, температура воздуха не опускалась ниже 5°С. Погода стояла тихая, пасмурная, с частыми туманами и дождями. Ветер не превышал 10 м/с, а ветровое волнение 2,5—3 м. Белые ночи позволяли проводить палубные работы круглые сутки без электрического освещения. Штормовая погода началась лишь в конце первого эта-

Советские и американские ученые на борту научно-исследовательского судна «Академик Курчатов». В центре — начальник экспедиции В. Г. Корт. На переднем плане — аппаратура для проведения совместных работ



ЭКСПЕДИЦИИ

па работ, а когда к Исландии с юго-запада стал приближаться глубокий циклон, мы приняли решение следовать в порт Рейкьявик северным путем.

Ночью 26 июля в 32 милях от побережья Исландии судно встретило поле сплошного пакового льда. Продвигаясь переменным курсом вдоль южной кромки поля и обходя крупные отдельные льдины, утром прошли самую узкую часть Датского пролива. У кромки льда выполнили многосерийную гидрологическую станцию. 28 июля пришвартовались в порту Рейкьявик и приняли на судно трех американских ученых во главе с Р. Миллардом. На следующий день для членов экспедиции была организована экскурсия по стране. Ученым показали долину гейзеров, лавовые поля у подножия вулканов, живописные водопады. Мы успели побывать даже на матче олимпийского турнира по футболу между сборными СССР и Исландии. После трехдневной стоянки в Рейкьявике судно снова направилось в район полигона.

Основной задачей второго этапа была интеркалибрация советских и американских приборов. Результаты измерений различными советскими малоинерционными зондами температуры, солености и глубины сравнивали с данными аналогичных американских приборов. Совместные работы прошли успешно. Показания приборов оказались довольно близкими.

Условия работы на палубе изменились к худшему. Установилась хмурая пасмурная погода с частыми туманами и морозящим дождем. Сила ветра в среднем составляла 10 м/с, но доходила и до 20 м/с. 22 августа

судно прибыло во второй пункт захода — в Норвежский город Олесунн. Олесунн стоит в устье одного из норвежских фьордов. Город небольшой — 40 тыс. жителей. С высокой горы у окраины он выглядит игрушечным. За три дня стоянки в порту судно получило свежие продукты и воду, а члены экспедиции смогли неплохо отдохнуть — погулять в лесу, сходить за грибами и ягодами. В последний день стоянки мы простились с американскими учеными, которые из Олесунна должны были вернуться на родину.

25 августа судно вновь прибыло на полигон. Метеорологические условия на третьем этапе экспедиции можно назвать достаточно суровыми. Через полигон непрерывно проходили циклоны со скоростью ветра от 15 до 24 м/с, заметно нарастало волнение. Иногда из-за сильного шторма приходилось прерывать работы. Промчавшиеся над полигоном циклоны сильно повредили буйковые станции (полностью сорваны радиолокационные отражатели, огни, на некоторых станциях сломались мачты и даже несущие трубы буюв). Однако ни одна из выставленных буйковых станций не была потеряна. Якорные буйковые станции выдержали даже 9-балльный шторм.

20 сентября работы закончились и судно направилось в английский порт Данди, который встретил нас дождем. Для членов экспедиции была организована экскурсия в Эдинбург. Через несколько дней рейс был завершен и судно прибыло в Калининград.

Первичную обработку материалов наблюдений удалось закончить в рейсе. После проведения обработки и анализа полученных данных можно

сформулировать наиболее важные предварительные научные выводы. Над акваторией полигона господствовали атмосферные процессы синоптического масштаба, то есть характерное время смены атмосферных процессов составляло 3—6 суток, изменения суточного характера оказались незначительными. Обнаружена чрезвычайно сильная зависимость суммарной солнечной радиации от облачности. По данным шаров-зондов были выделены типы термодинамической структуры нижних слоев атмосферы над морем, определена их повторяемость и генетическая связь с процессами крупномасштабной атмосферной циркуляции.

Характерной особенностью гидрологических условий полигона является хорошо выраженная фронтальная зона — граница раздела между Восточно-Исландским и Норвежским течениями. Под действием глубоких циклонов эта зона непрерывно перемещается иногда со скоростью 10 см/с. Данные измерения течений в океане показывают, что в районе исследований происходит вихреобразное циклоническое движение вод. Этот вихрь формируется в результате взаимодействия между двумя мощными течениями и мало зависит от прямого воздействия ветра.

В спектре колебаний температуры воды отмечается весьма существенный всплеск на приливном (12,4 часа) и инерционном (13,3 часа) периодах, что характерно для всего Мирового океана.

Оптические исследования в районе полигона обнаружили сильную пространственную и временную изменчивость характеристик распределения



света в морской воде. Пространственное распределение показателя поглощения хорошо коррелирует с общей динамической структурой поверхностных вод этой части Норвежского моря. В экспериментальных работах выяснилось, что неконтактные методы определения оптических параметров не только позволяют набирать много данных по оптике моря, но и открывают возможность получения экспресс-информации о гидроди-

намических процессах, протекающих в верхних слоях океана.

В экспедиции проведено около 9000 сеансов зондирования ионосферы. Полученные данные представляют чрезвычайный интерес, так как район изучен очень слабо, хотя он и весьма активен в геомагнитном отношении. Исследовалась интенсивность мезонной и нейтронной компоненты космических лучей. Дальнейшая обработка потребует привлечения данных земных обсерваторий. Результаты измерений содержат сведения о параметрах солнечного ветра в год минимума солнечной активности, о положении границы высокоширотного обрезания спектра излучения. Эти измерения позволяют сделать вывод об особенно-

стях механизма ускорения во время вспышек сверхновых звезд и о развитии ядерного каскада в атмосфере.

Трехмесячные комплексные гидрофизические и метеорологические измерения, проведенные большим научным коллективом в составе более 70 человек самых различных специальностей, позволили получить колоссальное количество данных о режиме небольшой, но чрезвычайно сложной по гидрологическим условиям части Норвежского моря. В настоящее время наблюдательный материал обобщается и анализируется.

Сюда, в Норвежское море, в этот интереснейший для ученых район Мирового океана еще не раз придут научные суда.

Олесунн. Вид со смотровой площадки. У причала «Академик Курчатов»

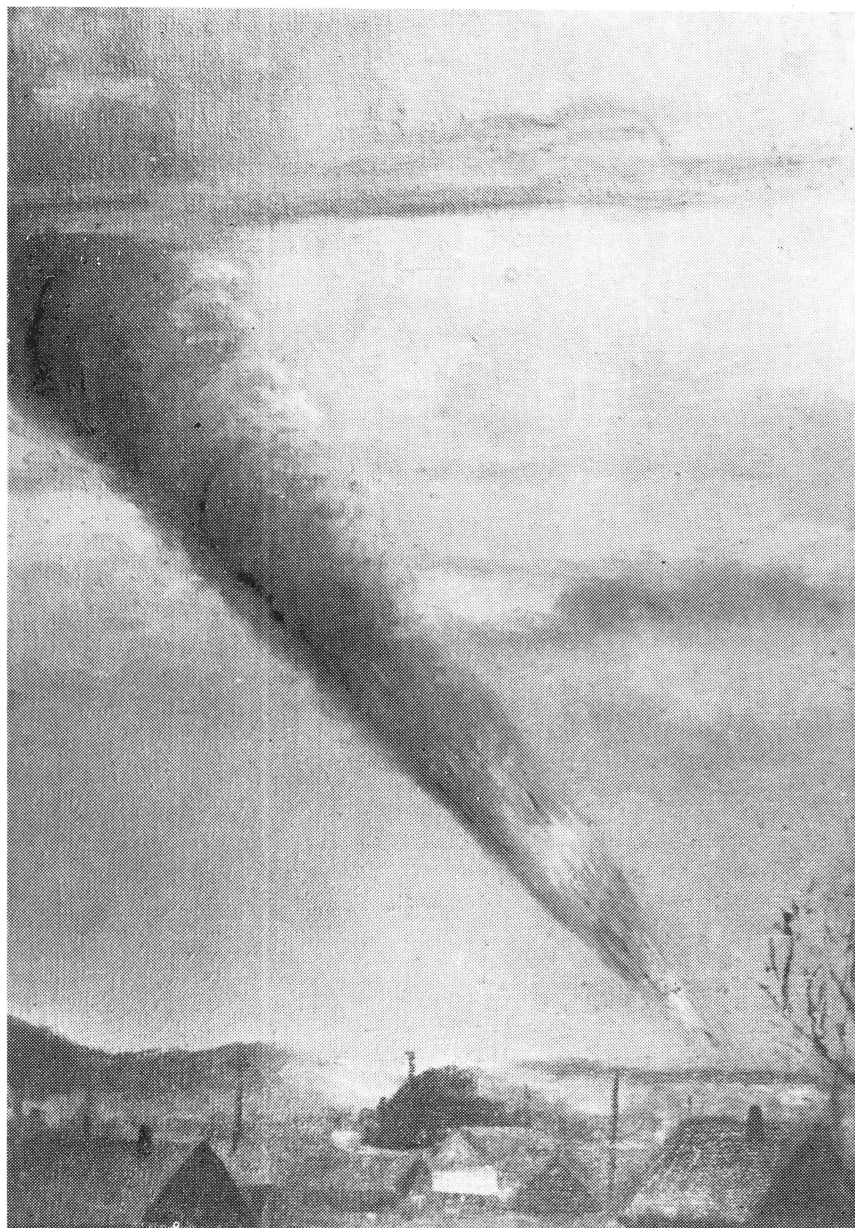


Доктор геолого-минералогических
наук
Е. Л. КРИНОВ

Железный дождь

Девять лет продолжались полевые исследования обстановки падения и сбор метеоритов знаменитого Сихотэ-Алинского железного дождя. Ежегодно с 1967 года в августе и сентябре — наиболее благоприятном времени года в уссурийской тайге — проводились экспедиции Комитета по метеоритам Академии наук СССР под руководством автора этой статьи. В 1975 году состоялась последняя, тринадцатая по счету за все время исследований, экспедиция.

Напомним, что Сихотэ-Алинский метеоритный дождь выпал утром 12 февраля 1947 года на западных отрогах Сихотэ-Алиня, в Приморском крае («Земля и Вселенная», № 5, 1968, стр. 68—77). Многочисленные очевидцы в селениях, расположенных на огромной (поперечником почти в тысячу километров) территории Приморского и Хабаровского краев, наблюдали полет огненного шара — болида. Он пересек небосвод за 6—7 секунд. Спустя несколько минут после его исчезновения раздались оглушительные удары, подобные взрывам авиабомб или выстрелам из орудий, грохот, который затем перешел в постепенно затихающий гул. В некоторых местах даже ощущалось сотрясение земли и построек. А вдоль пути движения болида на небесном своде осталась темно-серая, как бы дымная полоса, наблюдавшаяся в течение нескольких часов.



Падение Сихотэ-Алинского метеорита. Репродукция картины художника П. И. Медведева

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ

Вскоре после падения метеоритного дождя в уссурийскую тайгу отправилась экспедиция Комитета по метеоритам. Эта первая экспедиция 1947 года, а затем три последующие (1948—1950) выяснили условия и обстановку падения метеоритного дождя. По рассказам сотен очевидцев, опрошенных в нескольких десятках населенных пунктов, Н. Б. Дивари определил атмосферную траекторию, академик В. Г. Фесенков вычислил элементы орбиты метеорного тела.

Как было установлено, в земную атмосферу вторгся один из мелких астероидов поперечником несколько метров и массой несколько сот тонн. Влетев в атмосферу со скоростью около 15 км/с, метеорное тело вследствие огромного сопротивления воздуха нагрелось с поверхности до расплавления и раздробилось. Крупные обломки массой в сотни килограммов и даже тонны при ударе о скальные породы образовали в них кратеры и воронки. Метеориты, удары которых о грунт породили кратеры, раскололись на множество мелких осколков. Метеориты, образовавшие воронки, либо сохранились целыми (в воронках диаметром не больше 3 м), либо раздробились, но таким образом, что среди осколков один заметно выделяется своими размерами.

Первые экспедиции обнаружили 122 кратера (углубления диаметром 9 и более метров) и воронки (диаметром от полметра до 9 м), а также 78 лунок поперечником менее 0,5 м. Участок тайги, на котором после выпадения метеоритного дождя возникли кратеры и воронки, — кратерное поле за-



нимает территорию поперечником около полкилометра.

К северу от кратерного поля рассеялись мелкие метеориты массой от долей грамма до немногих килограммов — индивидуальные экземпляры метеоритного дождя. Они отделились от метеорного тела еще во время его движения в земной атмосфере. Индивидуальные экземпляры оплавлены с поверхности и имеют характерный для метеоритов рельеф — регмаглипты, напоминающие вмятины на пластине или мягкой глине.

Участники первой экспедиции разыскали 175 индивидуальных экземпляров, а рассеялось их по тайге тысячи. Но собрать их в последующих экспедициях оказалось непросто: они быстро заросли травой и в первую же осень после падения скрылись под опавшими древесными листьями и лесным мусором.

С 1947 по 1950 год удалось вскрыть почти все кратеры, воронки и лунки, извлечь находившиеся в них метеориты и их осколки. В Комитет по метеоритам было доставлено 313 целых

индивидуальных экземпляров общей массой около 12 т, 27 экземпляров, расколотых на крупные части, общей массой свыше 6 т. Наконец, было собрано почти 8 тыс. осколков общей массой около 5 т. Таким образом, в Москву участники экспедиций привезли 23 т метеоритного вещества! Однако, по предварительным оценкам, должно было выпасть около 70 т.

В 1950 году полевые исследования и сбор метеоритов в уссурийской тайге были временно прерваны и на протяжении нескольких лет в Комитете по метеоритам производилась обработка научного материала. Был, например, определен М. И. Дьяконовой химический состав метеоритного вещества. Оно содержало 93,29% железа, 5,94% никеля, 0,38% кобальта, 0,03% меди, 0,46% фосфора и 0,28% серы. Л. Г. Кваша изучила грубую октаэдрическую структуру метеоритов. Результаты исследований были опубликованы в двухтомной коллективной монографии «Сихотэ-Алинский железный метеоритный дождь» под редакцией академика В. Г. Фесенкова и Е. Л. Кринова (Изд-во АН СССР, 1959, 1963).

НОВАЯ ОБЛАСТЬ РАССЕЯНИЯ МЕТЕОРИТОВ

В 1967 году Комитет по метеоритам возобновил экспедиционные работы в

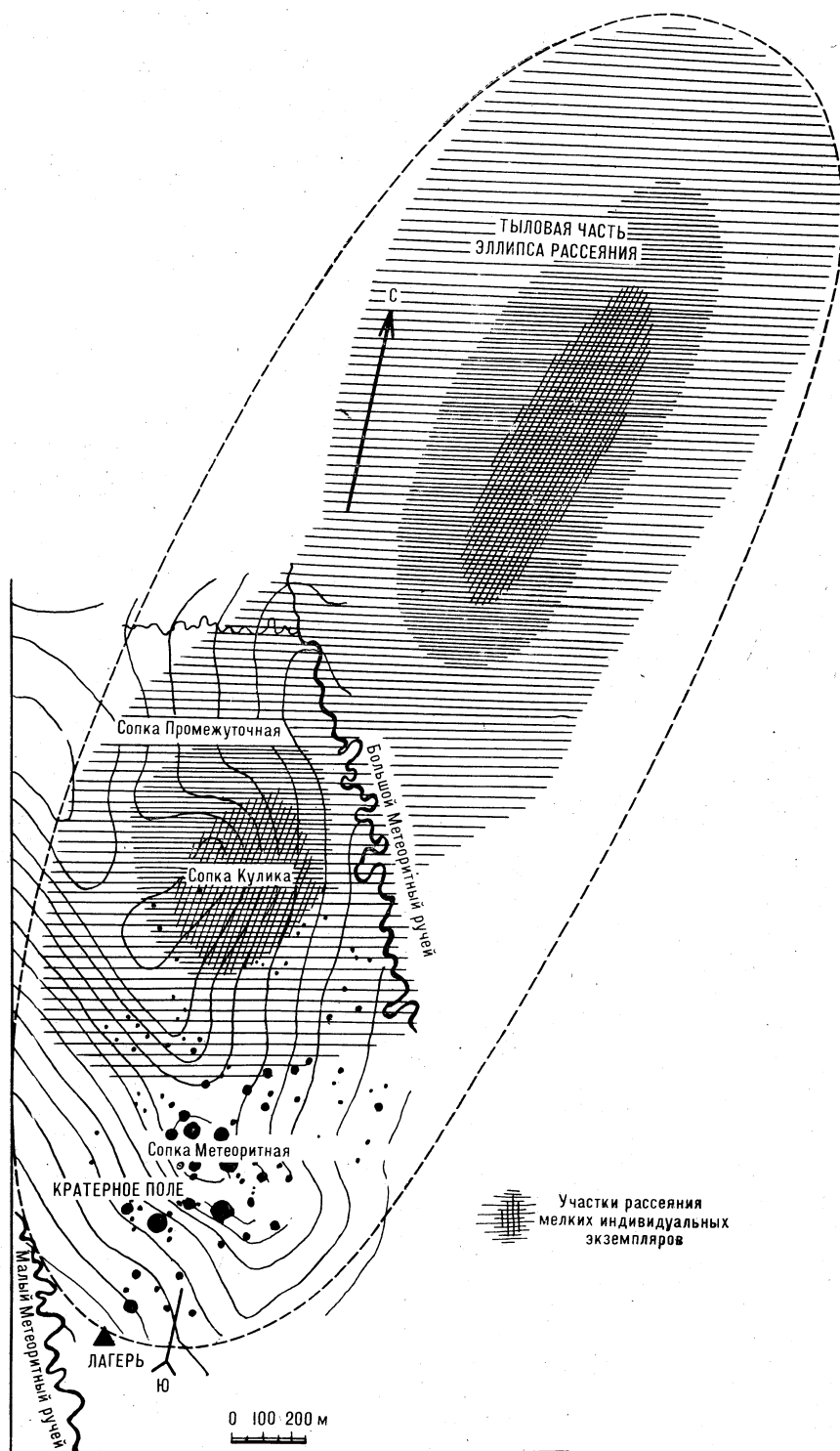
Участники одной из экспедиций на место падения Сихотэ-Алинского метеоритного дождя. Крайний слева — руководитель экспедиции, председатель Комитета по метеоритам АН СССР Е. Л. Кринов

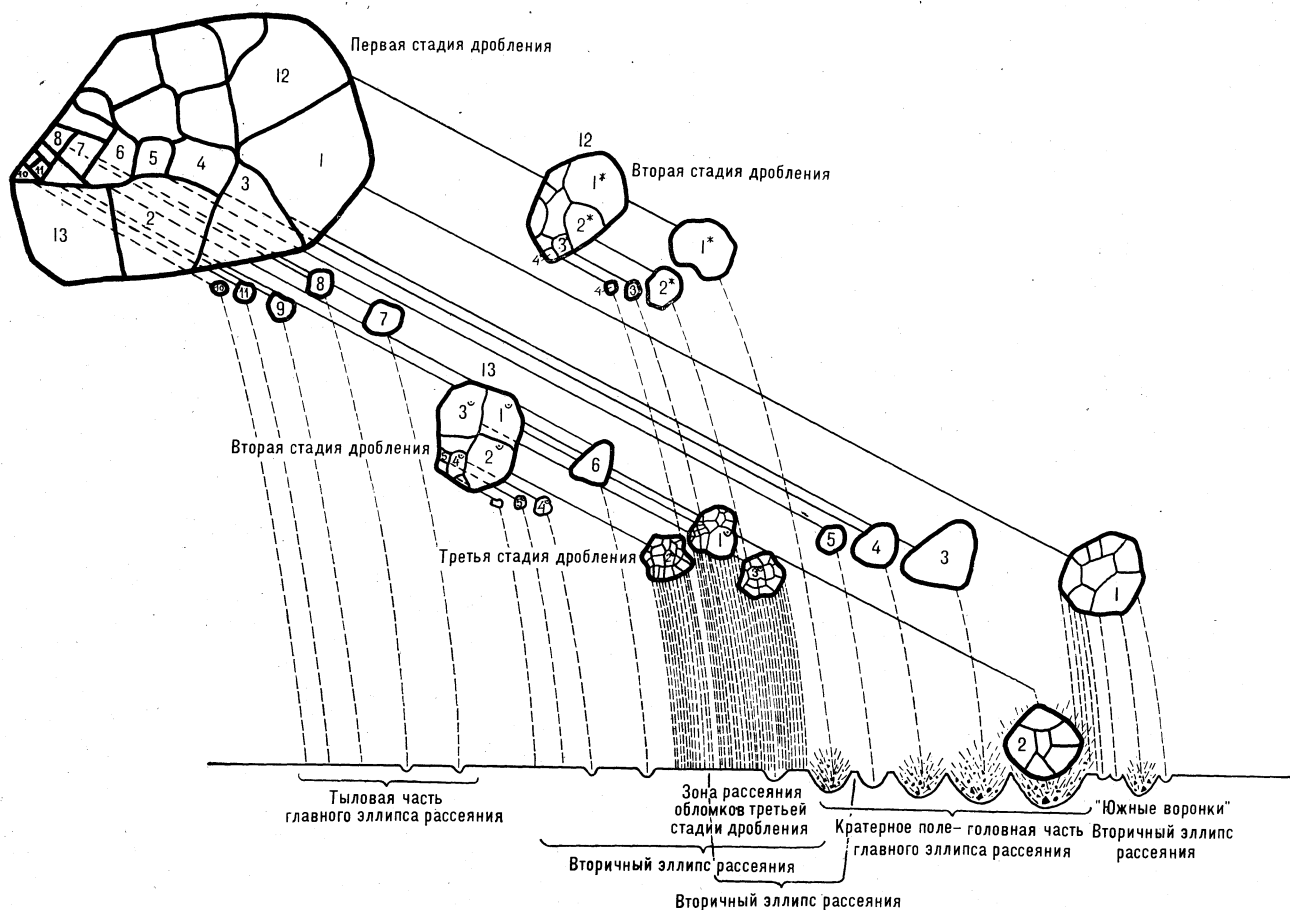
районе падения метеоритного дождя. Одной из главных задач новых исследований были поиски и сбор в тыловой части эллипса рассеяния мелких индивидуальных экземпляров. Каждый метр этой территории обследовался с помощью миноискателей, причем удавалось обнаружить в грунте, на глубине нескольких сантиметров, метеориты массой в десятки доли грамма!

С 1967 по 1974 год было собрано около 3 тыс. индивидуальных экземпляров, и казалось, что изучение области рассеяния мелких метеоритов приближается к концу — мы подходим к северной границе эллипса рассеяния. Однако вблизи этой границы экспедиция 1975 года неожиданно обнаружила новое, очень обильное рассеяние мелких (масса многих — доли грамма) индивидуальных экземпляров. Эти метеориты выпали в самой крайней тыловой части эллипса рассеяния, на территории поперечником 2,5—3 км. Таким образом, большая ось эллипса простирается примерно на 5—6 км, причем она направлена не на север, как предполагалось ранее, а на северо-северо-восток.

В новой области рассеяния сбор метеоритов производился на площадках 25×25 м, расположенных через каждые 200 м. Это позволило определить приближенно границу области. Всего здесь было найдено около 2 тыс. метеоритов. Предполагается, что в грунте осталось еще несколько

Схема района падения Сихотэ-Алинского метеоритного дождя. Черными кружками отмечены кратеры и воронки, пунктиром — эллипс рассеяния железного дождя





десятков тысяч индивидуальных экземпляров. Но общая масса их, вероятно, не превышает 2 т.

По инициативе научного сотрудника Комитета по метеоритам В. И. Цветкова был произведен поиск метеоритных осколков на всем кратерном поле. Их сбор осуществлялся на площадках в 10 м² через каждые 50 м. Зная массу найденных здесь осколков, В. И. Цветков определил, что в грунте всего кратерного поля содержится еще почти 16 т метеоритного вещества. Следует сказать, что общая масса собранного метеоритного вещества составляет около 27 т.

ДРОБЛЕНИЕ СИХОТЭ-АЛИНСКОГО МЕТЕОРИТНОГО ТЕЛА

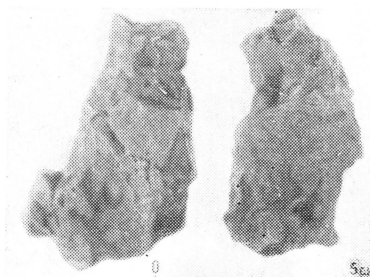
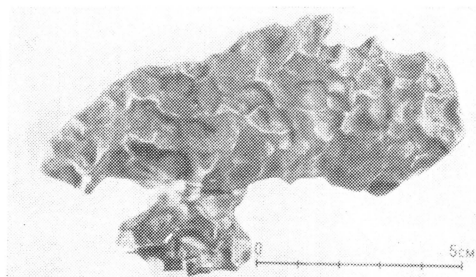
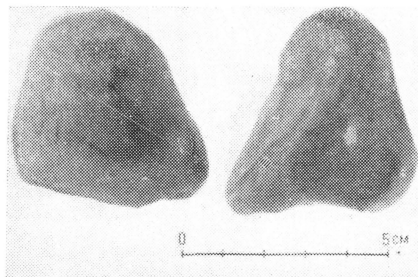
Изучив морфологические свойства некоторых индивидуальных экземпля-

ров (эта работа только начата), автор установил, что, когда метеорное тело двигалось в земной атмосфере с космической скоростью, оно испытало три стадии дробления. Первоначально единое метеорное тело на высоте около десятка километров над земной поверхностью раздробилось на множество самых различных осколков массой от долей грамма до нескольких тонн. Образовавшиеся осколки, продолжая свой путь в атмосфере с довольно большой скоростью, подверглись значительной атмосферной обработке — абляции (оплавление и, частично, испарение). Даже у самых мелких из них поверхности стали гладкие. Внешне они напоминают горошину, картечь или гальку.

Схема дробления Сихотэ-Алинского метеоритного тела

Некоторые средние и крупные обломки снова раздробились. Однако скорость движения этих новых осколков, отделившихся на второй стадии дробления, сильно уменьшилась вследствие сопротивления воздуха. Поэтому на таких осколках менее заметна атмосферная обработка. У них наблюдаются резкие (слабо оплавленные) углы, ребра, выступы, зазоры и т. д. Тем не менее скорость их движения была все же достаточной, чтобы на поверхности мог образоваться регмаглитовый рельеф.

Наконец, некоторые из более крупных обломков второй стадии дробления снова распались на части, но уже при незначительной скорости движения. Поэтому возникшие на третьей стадии дробления осколки почти не подверглись атмосферной обработке. Для их поверхностей характерна ше-



роховатость и неровности излома. В результате многократного дробления Сихотэ-Алинского метеорного тела эллипс рассеяния оказался очень сложным: наряду с главным существуют эллипсы рассеяния второй и третьей стадий дробления.

По всему району падения Сихотэ-Алинского железного дождя рассеялось большое количество мельчайших частиц метеоритного вещества. Чтобы его исследовать, в разных местах было взято около 600 образцов грунта общей массой около тонны. Образцы грунта брались также в некоторых кратерах и воронках. Обработка этих колонок грунта еще не закончена. Автору вместе с научным сотрудником Комитета по метеоритам Н. И. Заславской удалось выделить и изучить две основные формы распыленного вещества. Одна из них — метеоритная пыль. Это мельчайшие остроугольные частицы, образовавшиеся при раскалывании крупных индивидуальных экземпляров во время их ударов о грунт. Другая форма распыленного вещества — метеорная пыль — представляет собой микроскопические шарики диаметром в среднем около 30—40 мкм,

причем размеры их колеблются от 4 мкм до миллиметра. Эти шарики и другие сфероидальные частицы не что иное, как затвердевшие капельки расплавленного вещества, сдутого с поверхности метеоритов. Из таких-то шариков и состоял тот пылевой след, который наблюдался на небе. Разбрызганные капельки расплавленного никелистого железа в воздухе

быстро окислились и превратились в магнетитовые. Таким образом, химический состав метеорной пыли отличается от состава метеоритов. Частицы же метеоритной пыли имеют одинаковый с метеоритами химический состав.

ИССЛЕДУЮТСЯ КРАТЕРЫ И ВОРОНКИ

С 1967 года изучается структура кратеров и воронок — следов Сихотэ-Алинского железного дождя. Определяется степень и характер разрушений скальных пород под влиянием ударов крупных метеоритов, ищутся новые диагностические признаки метеоритного происхождения кратеров. Все эти исследования помогут лучше понять природу кратеров на Луне, Марсе, Меркурии и на других небесных телах.

Геологические отряды экспедиций в уссурийскую тайгу возглавляли эстонские геологи А. О. Аалоз и Ю. В. Кестлане. Было изучено пять кратеров и семь воронок, расположенных в неодинаковом грунте.

Оказалось, что самый большой 26-метровый кратер образован падением

■ *«Сглаженные» индивидуальные экземпляры, отделившиеся от метеорного тела на первой стадии дробления*

■ *Индивидуальный экземпляр второй стадии дробления. Его поверхность имеет резкие края, углы, выступы, а также четкий регмаглитовый рельеф*

■ *Индивидуальные экземпляры, относящиеся к третьей стадии дробления Сихотэ-Алинского метеорного тела. Заметна неровность и шероховатость излома*

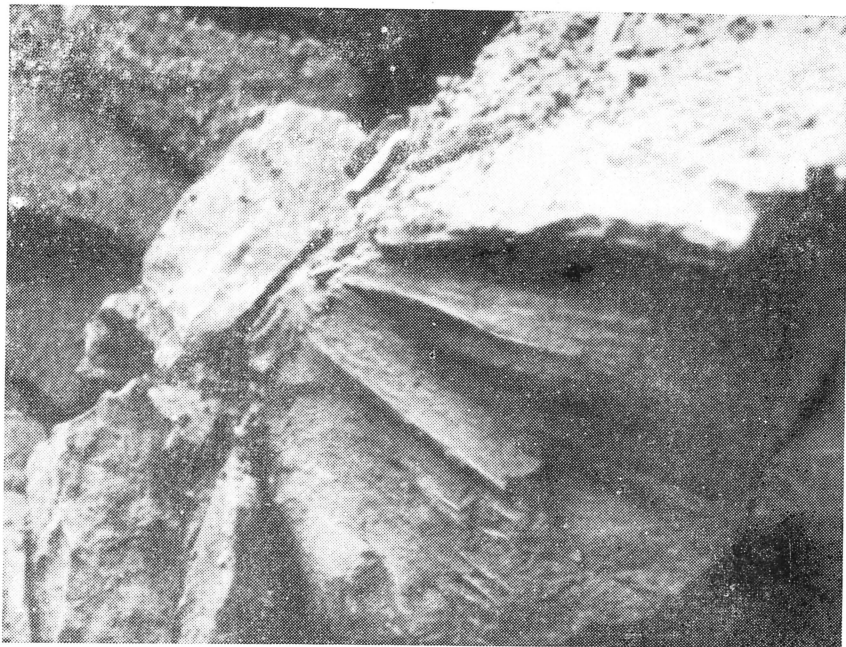
не одного, а по крайней мере пяти крупных метеоритов. Эта группа сформировалась в результате раскола крупного метеорита перед самым ударом его о грунт.

Другой крупный кратер диаметром 19 м, имеющий четкую конусообразную форму, появился в результате удара одного метеорита, масса которого (по приближенному определению автора) 2 т. Удар метеорита был настолько сильным, что в скальных породах возникли конусы сотрясения, или разрушения. Их обнаружил А. О. Аалоз на обломках скальных пород, взятых из кратера.

В 11-метровом кратере еще во время работы экспедиции 1949 года был найден крупный, но обколотый метеорит массой примерно в тонну. Метеорит вывезли в Москву. Кратер в 1973 году полностью очистили от насыпного материала, однако среди разбитых обломков скальных пород больших метеоритных осколков не было, только мелкие. Тогда же А. О. Аалоз выявил симметричную картину разрушения скальных пород, так называемую «бабочку».

В двух кратерах диаметром 11 и 9 м, а также в двух воронках поперечником 6 и 5 м были обнаружены рассеянные по внутренним стенкам мелкие осколки метеоритов. Из воронок диаметром 5 и 4 м удалось извлечь обколотые метеориты массой около 300 и 400 кг, соответственно. Метеориты залегали ниже дна кратера примерно на 2 м.

В одной воронке поперечником 6,8 м минералог Е. Г. Осадчий открыл ранее вообще неизвестную ромбовидную трещиноватость скальных по-



род. Диагонали «ромбов» ориентированы в направлении падений метеоритов и могут служить одним из признаков метеоритного происхождения кратера или воронки.

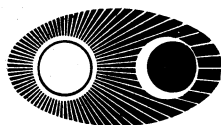
Петрограф Л. М. Шкерин изучил микродеформации скальных пород в самом крупном кратере. Такие микродеформации также могут использоваться в качестве диагностических признаков метеоритной природы кратера.

Наконец, проводились исследования физических и магнитных свойств целых индивидуальных экземпляров и метеоритных осколков, а также обломков скальных пород. Эти работы были выполнены научными сотрудниками Ленинградского отделения Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР Е. Г. Гуськовой, Э. С. Горшковым, В. А. Старуновым и др. Было установлено, что магнитные свойства индивидуальных экземпляров и осколков крупных метеоритов сильно различаются по степени воздействия ударов, испытанных ими при падении.

Впервые изучалось влияние магнитного поля Земли на остаточную намагниченность метеоритов: за время пребывания в грунте в постоянном положении относительно магнитного поля Земли метеориты приобрели дополнительную намагниченность. С помощью магнитометров было обследовано несколько воронок. В трех из них обнаружили залегание метеоритов и определили места их расположения.

В 1975 году полевые исследования в районе падения Сихотэ-Алинского метеоритного дождя опять временно прекращены. В Комитете по метеоритам изучается собранный материал. В результате этой работы наши знания об условиях и обстановке падения Сихотэ-Алинского железного дождя и вообще о падениях метеоритов на Землю значительно пополнятся. Чтобы сохранить нетронутыми кратеры и воронки, а также оставшееся в грунте метеоритное вещество, район падения железного дождя постановлением Приморского крайисполкома объявлен памятником природы.

Конус сотрясения на осколке скальной породы, извлеченной из метеоритного кратера



АСТРОНОМИ-
ЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Научные конференции школьников Киева и эффективность астрономического образования

Интерес школьников к астрономической науке весьма высок и проявляется нередко уже в 5—6 классах. Между тем астрономия в школе изучается лишь в выпускном классе. Поэтому особое значение приобретают внешкольные формы работы по астрономии — астрономические кружки, вечера, олимпиады, лекторская деятельность кружковцев. Эффективность работы среди школьников определяется, помимо прочего, уровнем их астрономической подготовки и устойчивостью интереса к исследовательской деятельности.

Ежегодно с 1967 года Киевский Дворец пионеров и школьников проводит конкурсы на лучшую работу по астрономии и научные конференции школьников, на которых действует секция астрономии. На конференциях ребята выступают с докладами, участвуют в обсуждениях и дискуссиях.

Конкурсы и научные конференции не только способствуют углублению знаний. Они расширяют астрономический кругозор участников, оказывают существенное влияние на формирование у них диалектико-материалистического мировоззрения. Конкурсы позволяют также выявить, какая область астрономии наиболее привлекает школьников. Особенно много работ (в среднем около 40%) посвящено изучению тел Солнечной системы. Астрофизические темы (за исключением тем о телах Солнечной системы) составляют приблизительно 25%. Около 15% работ затрагивают космические исследования и примерно столько же относится к прочим вопросам астрономии. Реже (около 5% работ) обсуждаются про-

блемы космогонии и некоторые дискуссионные вопросы.

Работы членов астрономических кружков отличаются глубиной содержания, последовательностью и зрелостью изложения материала. Наряду с реферативными представлены работы, в которых излагаются результаты лабораторно-практических исследований и наблюдений. Это — отчеты об изучении переменных звезд, сообщения о визуальных и фотографических наблюдениях Солнца, больших планет, Луны и других небесных объектов. Так, в 1970 году на конференции рассказывалось об исследовании кометы Таго — Сато — Косака; в 1971 году — о визуальных и фотографических наблюдениях прохождения Меркурия по диску Солнца 9 мая 1970 года («Земля и Вселенная», № 1, 1971, стр. 63) и визуальных наблюдений Марса в период великого противостояния 1971 года («Земля и Вселенная», № 3, 1972, стр. 80); в 1974 году было сделано интересное сообщение о комете Когоутека, а в 1976 году — о наблюдениях солнечного затмения 11 мая 1975 года. Эти и многие другие работы кружковцев получили высокую оценку жюри, а их авторы награждены дипломами и грамотами.

Конкурсы на лучшую работу по астрономии и научные конференции школьников убедительно свидетельствуют о высокой эффективности кружков как формы астрономического образования. Кружковцы не только слушают теоретический курс, но и приобретают определенные практические навыки, участвуют в выполнении программы наблюдений. Занятия в астрономических кружках

воспитывают у школьников целеустремленность, развивают их творческую активность и в значительной степени укрепляют интерес к астрономической науке.

Однако среди работ, представленных на конкурс школами, нередко встречаются (в основном у десятиклассников) слабые и, к сожалению, их доля в последнее время даже несколько возросла. На наш взгляд, причиной тому — упущения школьного астрономического образования. Нужны качественные изменения программы и повышение уровня преподавания школьной астрономии.

В этой связи отметим, что проводимое на страницах журнала обсуждение содержания курса астрономии в школе будущего весьма полезно, хотя решение проблем школьной астрономии потребует больших усилий и коренных изменений в различных аспектах школьного астрономического образования.

Во время подготовки к конкурсам и конференциям необходимо направлять, индивидуальное руководство работами школьников со стороны преподавателей. Особенно важен строгий, объективный отбор лучших работ на районных конференциях. В их проведении должна возрасти роль Киевского Дворца пионеров и школьников как консультативного и методического центра.

М. Л. ДВИНСКИЙ



СПАК продолжает свою работу

В сентябре 1975 года в городе Коломыя (Ивано-Франковская область УССР) собрался очередной пленум Совета по подготовке астрономических кадров (СПАК), созданного при Астрономическом совете АН СССР. После краткого вступительного слова председателя СПАК члена-корреспондента АН СССР В. В. Соболева на пленуме были заслушаны и обсуждены отчетные доклады руководителей секций СПАК В. В. Иванова (секция университетов), Г. С. Хромова (секция научных учреждений) и В. В. Радзиевского (секция педагогических институтов и средних школ).

В. В. Иванов сообщил, что уже почти закончено составление обзора «Астрономия в университетах СССР» объемом около 60 страниц. В обзоре содержатся сведения о штатах астрономических кафедр, оснащении университетских обсерваторий, основных направлениях научной работы, действующих учебных планах, программах и т. п. Докладчик высказал некоторые возникшие при составлении обзора соображения относительно совершенствования университетского астрономического образования. В частности, он подчеркнул, что необходимо организовать обмен профессорами между университетами, провести мероприятия по улучшению приема на астрономические отделения, а также в большей мере обеспечить университеты иностранной литературой.

СПАК уже начал работу по улучшению преподавания астрономии на физических факультетах университетов. В соответствии с рекомендацией совета, в проект типового учебного плана для физических факультетов

введен обязательный курс «Общей астрономии». После того как план был утвержден Министерством высшего и среднего специального образования СССР, СПАК разработал программу этого курса. О ней и рассказал на пленуме В. Г. Горбацкий.

Было отмечено не вполне удовлетворительное положение дел с учебниками и учебными пособиями по общим астрономическим курсам для университетов. В своем выступлении В. В. Соболев указал, что назрела необходимость в издании учебников по «Истории астрономии», «Математической обработке результатов наблюдений», «Геофизике и освоению космического пространства».

Большой интерес вызвал доклад о деятельности секции научных учреждений СПАК. Эта секция заканчивает составление постоянно пополняемой картотеки всех астрономов Советского Союза, так что вскоре можно будет выполнить ее статистическую обработку. Секция провела опрос астрономических учреждений страны относительно их потребности в кадрах на десятую пятилетку. Оказалось, что больше всего требуется астрономов-наблюдателей (около 60%). Результаты этого опроса согласуются с результатами исследования обеспеченности советской астрономии кадрами, которое осуществили Отделение общей физики и астрономии Академии наук СССР и Институт проблем управления АН СССР.

В докладе секции педагогических институтов и средних школ было указано, что работа секции в немалой степени способствовала принятию решения Министерством просвещения СССР о введении в педагоги-

ческих институтах физико-астрономической специальности («Земля и Вселенная», № 1, 1975, стр. 81—82.—Ред.). Открытие физико-астрономических отделений, выпускники которых получают квалификацию учителя физики и астрономии, несомненно, приведет к улучшению преподавания астрономии в средних школах. Пленум рекомендовал открыть физико-астрономические отделения в семнадцати институтах страны. СПАК окажет содействие этим институтам в подборе астрономических кадров, а также в создании соответствующих кафедр.

**Ученый секретарь СПАК
доцент В. А. ГАГЕН-ТОРН**



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

Доктор Д. КУЛИН (ВНР)

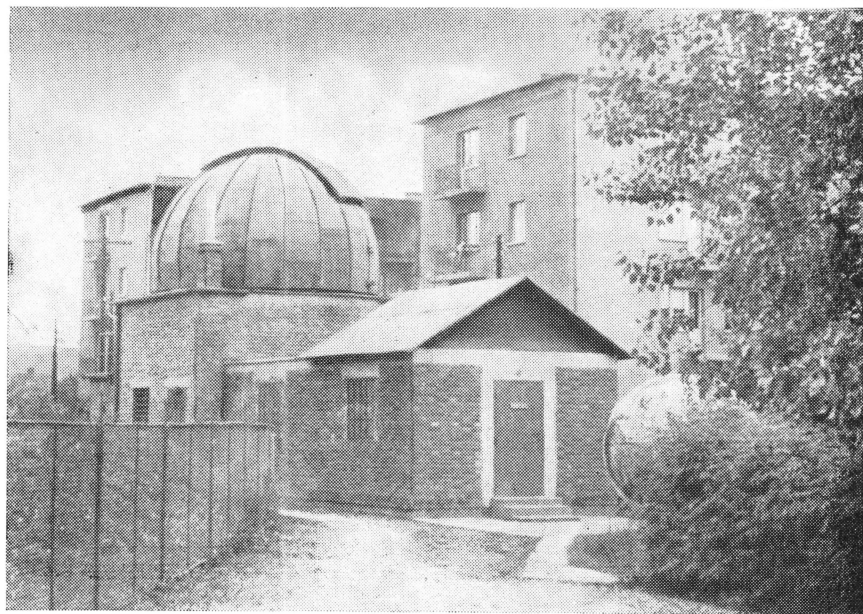
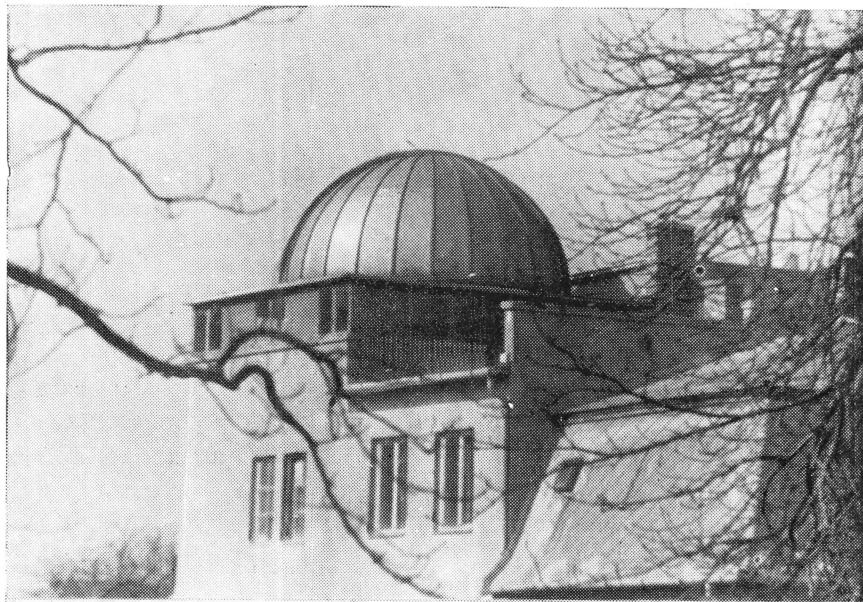
Любительская астрономия в Венгрии

Первое общество венгерских любителей астрономии «Стелла» было организовано в 20-х годах. Общество насчитывало 1500 членов и с 1924 по 1932 год издавало свой журнал и ежегодник. В предвоенные годы и в годы войны его работа прекратилась.

Венгерские любители астрономии возобновили свою деятельность во вновь созданном астрономическом обществе лишь в 1946 году. Уже через два года общество объединяло 2200 членов. В 1949 году оно слилось с Обществом по распространению знаний.

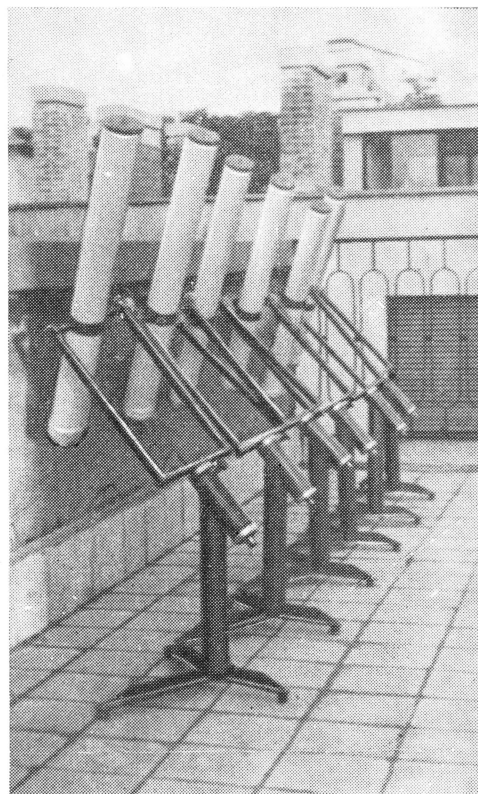
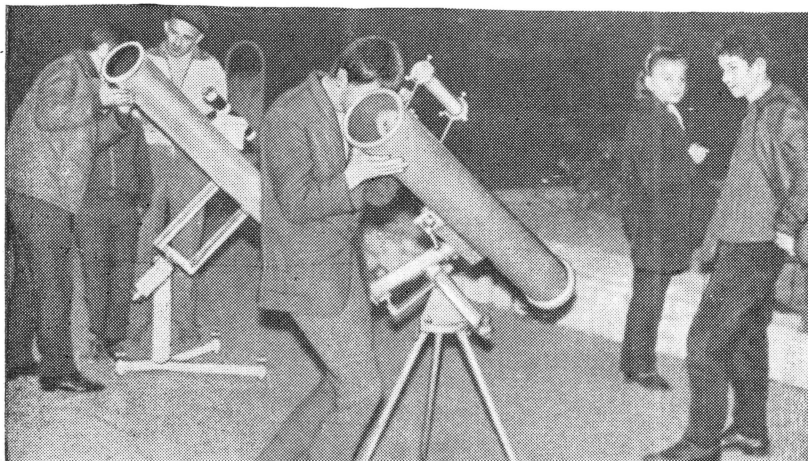
Первая народная обсерватория страны — будапештская «Урания» была построена в 1947 году на общественные средства. Главный инструмент обсерватории — 200-миллиметровый рефрактор Мерца.

По примеру «Урании» вскоре начали организовываться народные обсерватории при крупных предприятиях в городах Дьёр, Мишкольц, Секешфехервар, Сольнок, Дунауйварош, Фюзфе, Озд, Ленинварош, Чепель и при городских учреждениях в Сегеде, Ньиредьхазе, Калоче, Зала-



Башня народной обсерватории «Урания» в Будапеште. В башне установлен 200-миллиметровый рефрактор Мерца

Школьная обсерватория в городе Мишкольц. Обсерватория располагает 200-миллиметровым рефрактором



эгерсеге. Все народные обсерватории оборудованы отечественными телескопами с зеркалами диаметром от 300 до 500 мм.

Создание народных обсерваторий способствовало развитию массового движения венгерских любителей астрономии. При народных обсерваториях начали работать астрономические кружки и группы наблюдателей, здесь читались лекции, демонстрировались небесные объекты школьникам и широкой публике.

В 1963 году был основан Кружок друзей астрономии. По существу — это очень большое общество любителей астрономии. Сейчас оно насчитывает свыше 11 600 членов, которые объединены в 151 астрономический кружок. В Венгрии проживает около 11 млн. человек, значит, примерно каждый тысячный житель страны — участник движения любителей астрономии!

Секрет небывалого успеха этого движения в том, что любой желающий за невысокую плату может приобрести телескоп или необходимые для его изготовления материалы. Кружок друзей астрономии стремится, чтобы как можно больше народа могло любоваться картиной мира, восхищавшей еще Галилея. Ведь когда у людей пробудится интерес к астрономической науке, они поймут, что окружающая нас Вселенная сов-

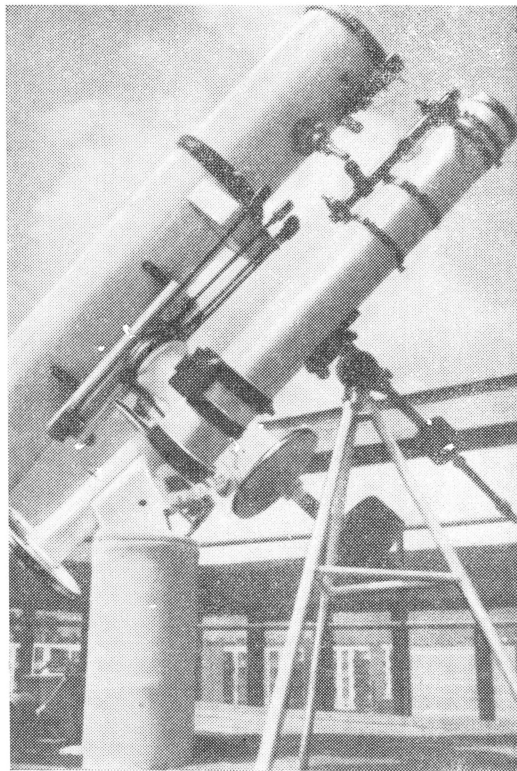
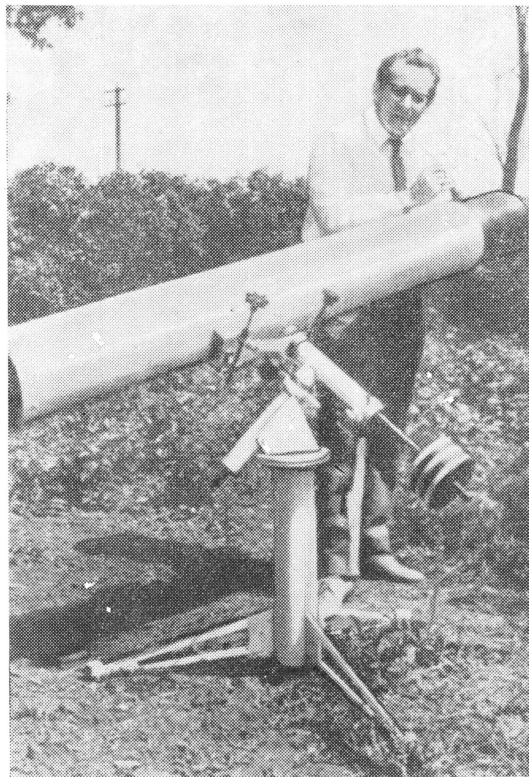
сем не такая, какой ее представляли под влиянием религии.

В оптической и механической мастерской будапештской «Урании» почти для всех областных организаций были изготовлены 160-миллиметровые рефлекторы, а для учебных заведений — 250—300-миллиметровые телескопы. Делаются в мастерской и очень дешевые кеплеровские трубы. Диаметр их линз 30 или 40 мм, фокусное расстояние 500 либо 1000 мм.

Но мастерская невелика: в ней работает всего пять человек. Разумеется, обеспечить телескопами всех любителей астрономии она не в состоянии. Поэтому обсерватория «Урания» выпустила много книг и брошюр, в которых рассказывается, как в домашних условиях построить телескоп. Венгерский оптический завод предоставил любителям за невысокую цену десятки тысяч оптических деталей

Члены Кружка друзей астрономии города Веспрем сами строят телескопы и демонстрируют желающим небесные тела

100-миллиметровые рефлекторы, изготовленные для начинающих любителей астрономии в будапештской обсерватории «Урания»



для сборки телескопов и зрительных труб. Стекольные заводы в Шайосентекере, Шальготарьяне и Тогоде выпустили большую партию стеклянных дисков диаметром 100—300 мм.

Сейчас в мастерской «Урании» из этих стеклянных дисков делают зеркала для рефлекторов. Зеркала продаются любителям астрономии уже готовыми, алюминированными, вместе с окулярами и вторичными зеркалами. Но многие любители предпочитают самостоятельно отшлифовать зеркало для телескопа. В специальном магазине они могут купить грубо отшлифованный диск, шлифовальный порошок и полировальные материалы. Алюминирование и проверка готового зеркала производятся в мастерской «Урании». Ежегодно венгерские любители астрономии строят до 300 телескопов с зеркалом диаметром 100—300 мм. Число таких телескопов в стране составляет сей-

час около двух тысяч, а простых кеплеровских труб — примерно 20 тысяч.

Членом Клуба друзей астрономии может быть любой житель Венгрии. Единственное условие приема — интерес к астрономии и подписка на журнал «Земля и Небо», который выходит раз в два месяца тиражом 16 500 экземпляров. Членская книжка, которую получает любитель астрономии, дает ему право приобрести

■
*И. Карпат (г. Мошонмадьварош)
у построенного им 150-миллиметрового рефлектора*

■
Рефлекторы с зеркалом диаметром 150 и 300 мм, сделанные рабочими фабрики в городе Ленинварош

на льготных условиях оптические детали для телескопа и издания Клуба друзей астрономии. Члены клуба получают теоретическую подготовку по определенному плану. На практических занятиях они строят телескопы, знакомятся со звездным небом. Затем участвуют в наблюдениях звезд, Луны, Солнца, метеоров. Кстати, согласно бюллетеням международных пунктов по сбору материалов, венгерские любители значатся передовыми в наблюдениях переменных звезд. Информация о программе и методах наблюдений публикуется в журнале «Метеор», который выходит раз в два месяца тиражом 1500 экземпляров. Здесь же печатаются и результаты наблюдений.

Клуб друзей астрономии готовит основные кадры лекторов для Общества по распространению знаний. Прежде чем приступить к работе лектора, любитель должен сдать



АСТРОНОМИЧЕСКИЕ КРУЖКИ В ВЕНГРИИ

К началу 1976 года число астрономических кружков в Венгрии составило 151. Интерес к астрономии и космическим исследованиям проявляется сильнее всего у молодежи, поэтому большинство членов кружков — школьники 14—15 лет.

Деятельностью кружков руководит народная обсерватория «Урания» в Будапеште: она помогает кружкам при их формировании и в их дальнейшей работе. Из обсерватории они получают карты Луны и звездного неба, оптические детали для телескопов и темы двухгодичных теоретических занятий. Вопросы, которые рассматриваются на этих занятиях, охватывают важнейшие области астрономии и космических исследований. Члены кружков готовят короткие лекции по тому или иному вопросу и только после успешной сдачи экзамена допускаются к чтению лекций по астрономии.

Таким образом, у нас кружки — единственное место подготовки лекторов по астрономии. В Венгрии очень мало астрономов-специалистов и очень немногие из них работают в Обществе по распространению знаний, поэтому большую часть из трех тысяч ежегодных астрономических лекций читают любители астрономии.

Создание по всей стране народных обсерваторий — результат практической деятельности кружков. Члены кружков принимают посетителей в народных обсерваториях, демонстрируют им небо в телескоп.

Нередко члены кружков выбирают профессию астронома. Только будапештский кружок дал венгерской науке за последние годы 20 астрономов и других специалистов, работающих в близких к астрономии областях науки.

Доктор А. ПОНОРИ

экзамен, который принимается комиссией из трех специалистов-астрономов. Раз в два года Общество по распространению знаний организует 10-дневные курсы для повышения квалификации лекторов. Курсы включают 30 лекций с последующим их обсуждением.

Число астрономических лекций в стране за год достигает трех тысяч. Их посещают не менее 100 тыс. человек. С полным основанием можно сказать, что движение любителей астрономии стало органической частью всеобщего образования.

Раз в два года созывается Съезд астрономов-любителей Венгрии, в котором принимают участие 300—400

представителей нашей страны и иностранные гости. Стала традиционной проводимая по всей стране осенью Астрономическая неделя. В эти дни не только в областных центрах, но и во многих селах организуется показ неба в портативные телескопы, читаются лекции. После Астрономической недели ряды кружковцев пополняются новыми членами. Движение любителей астрономии охватило всю страну, ее города и села.

Перевод с венгерского
Ю. Ю. ПАЛКО

Журналы для любителей астрономии, издаваемые в Венгрии



ФЛОРА И ФАУНА В ПЕРМСКУЮ ЭПОХУ

280 млн. лет назад на земном шаре произошла самая крупная биологическая катастрофа. За период в 55 млн. лет вымерло около 50% всех видов животных и растений, существовавших в начале перми. Особенно пострадали самые распространенные тогда мелководные морские организмы. Однообразие видов, установившееся в конце пермского периода, знаменует собой раздел между эпохами палеозоя и мезозоя. В мезозое жизнь на планете снова начала бурно развиваться.

Американские ученые Д. Валентайн и Э. Мурс в 1974 году, основываясь на концепции тектоники плит, предложили следующую гипотезу. Гибель видов в пермский период стала прямым следствием образования Пангеи, которое сократило общую площадь континентальных шельфов, уменьшило объем мелководных бассейнов и привело к установлению на Земле географической среды со сравнительно малым разнообразием природных условий. Когда же Пангея раскололась на части, эта тенденция сменилась обратной и разнообразие жизненных форм снова возросло.

На годичной конференции Американского геологического союза (октябрь 1975 г.), палеоокеанограф и геолог Р. Боуэн из Южного университета штата Миссисипи выдвинул другую гипотезу, основанную на предположении, что биологические последствия были лишь косвенно вызваны расколом и движением континентов. Р. Боуэн продемонстрировал большое количество данных, указывающих на то, как заметно изменялись характеристики вод Мирового океана, особенно соленость и температура, в течение последних 300 млн. лет.

К изложенной здесь концепции читатель должен относиться, как к одной из многочисленных гипотез. (Прим. ред.)

Исходя из этих данных, Р. Боуэн реконструирует такую последовательность событий. Пермский период начался с бурного развития оледенения, охватившего весь суперконтинент. Талые ледниковые воды, поступая в океан, снизили температуру его глубин, а также полярных и субполярных районов почти до точки замерзания. В холодных и плотных водах больше питательных солей для морских организмов, что обеспечивает их биологическое разнообразие. В середине и конце пермской эпохи, когда оледенение исчезло, талые воды перестали поступать, температура Мирового океана поднялась, сократился и объем биомассы океанов.

Пермское оледенение, которое снижало температуру моря, сильно способствовало эрозии суши, в результате чего в океан поступало много «вымываемых» водами солей. Поэтому соленость океана, согласно мнению Боуэна, повысилась в этот период примерно на одну треть и достигла 46—48‰. После пермской эпохи соленость резко упала, что должно было привести к гибели многих организмов с узкой полосой «толерантности» (приспособляемости) к изменениям солености и температуры.

Доказывая достоверность колебательного режима солености, Боуэн называет и тот факт, что с начала перми из Мирового океана было изъято около 6 млн. км³ солей. Примерно 4,5 млн. км³ «покинули» океан в триасе, то есть в период, следующий за пермью. Залежи солей такого возраста обнаружены в столь удаленных друг от друга местах, как Алжир и провинция Сычуань (КНР), Марокко и полуостров Индокитай. В западной части Мексиканского залива Луанские соли залегают слоями мощностью в 1,5 км и объемом 4 млн. км³. Изъятие только этих солей привело бы к изменению солености океана на 9‰, между тем большая часть этих залежей образовалась в триасе.

«Science News», 108, 18, 1975.

ЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД: ПРЕДВИДИТСЯ ИЛИ НЕТ?

Новейшие исследования приводят специалистов к выводу, который противоречит распространенному за последние годы мнению о том, что в северном полушарии идет решительное похолодание и можно ожидать новой эпохи оледенения.

Научные сотрудники Национального управления по изучению океана и атмосферы США Д. Уизнет и М. Матсон, завершив анализ космических снимков и радиометрических измерений с американских метеоспутников (1966—1975), пришли к выводу, что в снеговом покрове Северной Америки за 11 лет изменений практически не наблюдалось, а в Евразии его флуктуации были лишь незначительными.

В Евразии максимум снегового покрова пришелся на зиму 1971/72 года, но и в это время он не отличался существенно от средних величин. Если нет систематического роста снегового покрова, то тенденции к похолоданию, вероятно, также не существует.

Однако группа сотрудников Лоренс-Ливерморской лаборатории, разработавшая новую математическую модель климата Земли, пришла к обратному заключению. Согласно предложенной ими модели, одно только уничтожение значительной части тропических лесов по обе стороны экватора в 5-градусной полосе должно привести к общему снижению температуры на 0,2° С. Эти выводы находятся в согласии с результатами моделирования климата, проведенного ранее сотрудниками Национального управления по аэронавтике и исследованию космоса (США).

Третья важная работа в этой области выполнена научным сотрудником Райсовского университета Д. Адамсом, который утверждает, что сжигание дров в больших масштабах приводит ныне к более существенному выбросу двуокси углерода в атмосферу, чем это предполагалось.

лось до сих пор, и что способность сохраняющихся лесов поглощать этот газ снижается. Согласно подсчетам Адамса, за последнее столетие содержание двуокси углерода в атмосфере повысилось на 15%. Каким образом это должно повлиять на климат, пока неясно, но без последствий столь значительное изменение химического состава воздуха остаться не может.

Таким образом, вопрос о тенденциях изменения климата земного шара усиленно разрабатывается, но уверенного ответа пока еще не получено.

«Science News», 109, 3, 1976.

ПОВТОРНАЯ ВСПЫШКА РЕНТГЕНОВСКОЙ НОВОЙ

Вспыхнувшая в августе 1975 года в созвездии Единорога рентгеновская Новая А 0620-00 продолжает оставаться одним из интереснейших астрофизических феноменов. До вспышки в направлении на источник была видна очень слабая звездочка примерно 20-й величины. Американские астрофизики Л. Эхус, Е. Райт и В. Лиллер проследили, как менялся блеск этой звездочки за 77 лет. Для этого было просмотрено более 500 фотопластинок нужной области неба, хранящихся в стеклянной библиотеке Гарварда. Оказалось, что в 1917 году звезда уже вспыхивала, увеличив блеск на 8,2 звездной величины. Была сделана попытка измерить собственное движение звезды, но удалось найти только верхний предел, равный 0,037 угловой секунды в год. Если звезда движется со скоростью порядка 100 км/с, то расстояние до звезды не может быть меньше 580 пс.

Рентгеновская Новая А 0620-00 не похожа на обычную оптическую новую, для которой существует зависимость между светимостью в максимуме и скоростью уменьшения яркости после максимума. Эта зависимость для рентгеновской Новой неверна. Природа вспышки пока остается неясной.

«Astrophysical Journal Letters», 203, 1, 1976.

Легенды о звездном небе

Лебедь

В осеннюю пору, как только вечернее Солнце скроется за горизонтом, высоко над головой простирает свои крылья огромная небесная птица Лебедь. И слышится, как где-то рядом в вечернем мареве летящий к югу клин земных собратьев звездной птицы трубно вторит ее имя «Кикн, Кикн», напоминая о давней печальной легенде.

«Кикн» по-древнегречески означает «Лебедь». Не от этого ли имени произошло и латинское название созвездия «Cygnus»?

...Некогда над Фазтоном насмехались, не хотели верить, что он сын бога Солнца — Гелиоса. Чтобы посрамить насмешников, юноша обратился к отцу с просьбой:

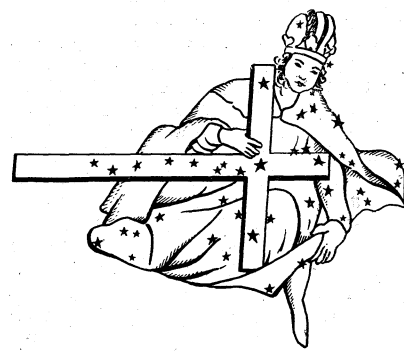
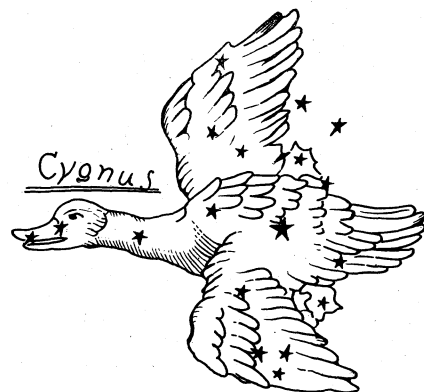
Дай мне, родитель, залог,
по которому верить могли бы,
Что порожден я тобой, — отрешив
от души заблужденье...

И лучезарный Гелиос отвечал:
Чтобы сомненье твое уменьшилось,
дара любого

Ныне проси, и я дам...

Юноша попросил лишь на один день предоставить ему возможность управлять «крылоногими в небе конями», впряженными в солнечную колесницу. Долго Гелиос уговаривал сына отказаться от своей затеи. Путь очень опасен, пролетать придется мимо свирепого Льва, круторогого Тельца, коварного Рака и других смотрителей зодиакальной дороги, а при спуске к закату нелегко удерживать быстроногих коней.

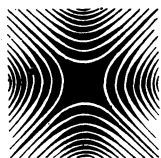
Но не уняли Фазтона уговоры. С восходом он отправился в путь. В полдень высоко поднялся над Землей. Неожиданно возник перед ним огромный Скорпион. Испугался Фаз-



тон, выпустил вожжи из рук. И тотчас сбилась с пути солнечная колесница, приблизилась к Земле. Закипело море, запылали леса. Чтобы спасти мир от гибели, рассерженный Зевс молнией разбил колесницу, и Фазтон, скатившись с неба, как падающая

Изображение созвездия Лебедя в «Альмагесте» Птолемея (1551)

Рисунок созвездия Лебедя по средневековому христианскому представлению



КОСМИЧЕСКАЯ
ФИЛАТЕЛИЯ

15 лет подвигу Юрия Гагарина

звезда, низвергся в воды реки Эридан.

Сестры Фазтона — гелиады так долго плакали над рекой, поглотившей их любимого брата, что превратились в тополя с грустно шуршащими листьями. Их слезы падали в студеную воду и застывали прозрачным янтарем. Скорбел о гибели Фазтона и его верный друг Кикн. Несколько раз бросался он в реку, чтобы найти Фазтона, но тщетно. Преданность Кикна растрогала богов Олимпа, и они превратили его в прекрасную птицу.

Известны и другие мифы об этом созвездии. Согласно одному из них, Лебедь — это сам Зевс. В образе птицы он прилетел к красавице Леде, жене спартанского царя Тиндарея. По другой версии, Лебедь — это Кикн, смело защищавший Трою. Он был неуязвим для стрел Ахиллеса. Только в рукопашном поединке грек сумел его одолеть. Однако боги не дали погибнуть герою: превратившись в Лебедя, Кикн взвился в небо.

В средние века в очертаниях созвездия усматривали святую Елену с крестом.

Лебедь очень примечателен яркими звездами. Очевидно поэтому и существует более пятидесяти названий созвездия у разных народов.

И. И. НЕЯЧЕНКО

Первый полет человека в космос навсегда останется знаменательным событием в истории нашей цивилизации. Отдавая дань глубокого уважения подвигу первого космонавта, многие страны выпустили в его честь памятные медали, назвали именем Гагарина школы, улицы и городские площади.

Сразу же после успешного завершения исторического полета Ю. А. Гагарина в почтовое обращение поступили советские, румынские, чехословацкие, польские, болгарские, венгерские марки и марки Германской Демократической Республики, посвященные первому космонавту нашей планеты. Вслед за ними «гагаринские» марки были выпущены в Монголии, Демократической Республике Вьетнам, Кубинской Народной Республике, Суринаме, Гвинее, Иордании, Мавритании и других странах («Земля и Вселенная», № 2, 1971, стр. 77—80. — Ред.).

В последующие годы появилось много новых почтовых марок, связанных с именем Гагарина. Например, в 1964 году «гагаринские» марки издали Польша, Румыния и Чехословакия. На польской почтовой миниатюре космонавт показан сидящим в корабле. На марке надпись: «Ю. Гагарин — первый в мире космонавт». На румынской марке, имеющей форму ромба, Гагарин в гермошлеме изображен на фоне советского знамени. Надпись гласит: «Ю. Гагарин. 12.IV. 1961. «Восток-1». 1 виток». Эта марка открывает серию портретов шести советских и четырех американских космонавтов; каждая из десяти марок серии имеет два варианта цветового поля.

Чехословацкая марка представляет собой более сложную композицию. Рядом с Гагариным изображен корабль «Восток», пролетающий над Землей, а в правом верхнем углу дано символическое изображение космоса. Этой маркой открывается серия портретов советских и американских космонавтов, состоящая из восьми марок.

В 1966 году в Болгарии к пятой годовщине полета Гагарина была выпущена серия из семи марок, посвященная советским космонавтам, и юбилейный почтовый блок. В следующем году в Румынии поступила в обращение серия из девяти марок, посвященная 10-летию запуска первого искусственного спутника Земли. На одной из марок этой серии — портрет Гагарина на фоне космического корабля и земного шара. У нас в стране в 1969 году ко Дню космонавтики была выпущена серия из трех почтовых миниатюр, на одной из которых приводится изображение ракеты-носителя и космического корабля «Восток» на старте. В 1972 году почтовую миниатюру с изображением космического корабля «Восток» отпечатали на Кубе в серии из семи марок. Главная тема серии — достижения советской космонавтики.

Особенно много новых марок и почтовых блоков, посвященных Гагарину, было выпущено в 1971 году. В Советском Союзе первое десятилетие полета было отмечено маркой, на которой воспроизведена медаль Международной Астронавтической Федерации с изображением Ю. А. Гагарина, а также почтовым блоком из четырех марок. На пер-



вых двух марках изображен корабль «Восток» и Гагарин в космическом скафандре. Кроме того был выпущен сувенирный листок, на котором воспроизведена первая советская марка с портретом Гагарина, выпущенная 17 апреля 1961 года. На марке, блоке и сувенирном листке надпись: «10-летие первого в мире полета человека в космос».

В Болгарии был издан юбилейный блок с портретом Гагарина. На полях блока — первый искусственный спутник Земли, станция «Луна-10» и возвращаемый автоматический аппарат станции «Луна-16». На румынской юбилейной марке также изображен портрет Гагарина и траектория полета корабля «Восток-1».

В 1975 году ко Дню космонавтики у нас в стране была выпущена марка, на которой воспроизведен бюст Ю. А. Гагарина, установленный в Аллее космонавтов в Москве. В этом же году в Чехословакии вышла серия из трех марок в память о погибших советских и американских космонавтах. На одной из них изображен Юрий Гагарин и указана дата его трагической гибели. Этой же теме посвятила почтовый блок Республика Экваториальная Гвинея. В левой нижней части блока помещены портреты В. М. Комарова, В. Н. Волкова, Г. Т. Добровольского, В. И. Пацаева, В. Гриссома, Э. Уайта, Р. Чаффи. В правом углу блока на фоне звездного неба — портрет Ю. А. Гагарина. Марка с изображением Гагарина на фоне установленного в Москве обелиска в честь покорителей космоса, вышла в 1975 году в Кореической Народной Демократической Республике.



Пятнадцатая годовщина полета Гагарина отмечена в нашей стране выпуском номерного блока с портретом Гагарина и марки, на которой нарисован корабль «Восток-1» рядом

с транспортным кораблем «Союз-18» и орбитальной научной станцией «Салют-4» — своеобразная характеристика огромного пути, пройденного советской космонавтикой за

пятнадцать лет, отделяющих нас от первого полета человека в космос.

В. А. РУДОВ



Космические исследования и международное сотрудничество

С 1967 года по программе «Интеркосмос» («Земля и Вселенная», № 3, 1976, стр. 28—38.—Ред.) было запущено 16 спутников, три геофизические и несколько десятков метеорологических ракет, выполнены крупные международные проекты «Омега», «Аркад» и многие другие.

Подведению некоторых итогов осуществления международных программ сотрудничества СССР в изучении космоса посвящена рецензируемая книга «Орбиты сотрудничества» под редакцией академика Б. Н. Петрова («Машиностроение», 1975). В пяти главах книги подробно рассказывается об основных направлениях исследований. Это — изучение космического пространства, космическая метеорология, медико-биологические исследования, космическая связь, проект «Союз» — «Аполлон».

Одна из главных тем научного сотрудничества — солнечно-земные связи и геофизические процессы в околоземном космическом пространстве, радиационная безопасность. Известно, что взаимодействие солнечного ветра с геомагнитным полем вызывает целый ряд физических процессов вблизи Земли, важнейшим из которых является образование магнитосферы Земли — магнитной полости, заполненной захваченной корпускулярной радиацией. Магнитосфера имеет сложную структуру и конфигурацию. Знание динамических процессов на границе магнитосферы и внутри нее имеет принципиальное значение для понимания природы полярных сияний, магнитных бурь, изучения состава и интенсивности радиационного пояса Земли и др. Деятельность Солнца и его



активность ощущаются в околоземном космическом пространстве и на поверхности Земли. Выявление и познание определенных закономерностей в солнечно-земных связях очень важно для прогнозирования радиационной обстановки в космосе, геомагнитных возмущений и условий радиосвязи, играющих важную роль в практической деятельности человека. Решению этих задач послужили запуски многих спутников серии «Интеркосмос», о которых с большим знанием дела рассказывает в книге.

От правильного и своевременного прогнозирования погоды зависят важнейшие отрасли народного хозяйства. Неоценимую помощь в сборе данных о состоянии верхних слоев атмосферы и ее режиме над

значительной частью суши оказывают наземным метеорологическим станциям искусственные спутники Земли и метеорологические ракеты. Прогнозы, для составления которых применяются спутники, позволяют сохранить ежегодно только в нашей стране материальных ценностей на сумму 500—700 млн. рублей. По мнению зарубежных ученых, точные прогнозы погоды для всего земного шара на трое суток вперед обеспечат экономию до 60 млрд. долларов в год. В Советском Союзе для составления прогнозов погоды используются данные, поступающие с советских метеорологических спутников «Метеор». Такие проблемы обсуждаются в двух первых главах книги.

Необычайно сложны и интересны задачи, стоящие перед учеными — биологами и медиками сотрудничающих стран. Ученые должны определить, как влияют на организм человека условия космических полетов. Медики и биологи составляют программу предстартовой подготовки космонавтов, предусматривающую воздействие на организм человека всех факторов реального космического полета, они следят за строгим выполнением медицинских предписаний в полете и после возвращения космонавтов на Землю, помогают им адаптироваться к земным условиям. Одна из основных задач, поставленных перед учеными — биологами и медиками, — создание средств надежной защиты космонавтов от космической радиации. Всем этим вопросам посвящена короткая, но насыщенная третья глава книги.

С появлением спутников связи возможность устойчивых радио- и телевизионных передач на расстояния в несколько тысяч километров от центральной станции стала реальностью. В Советском Союзе проблема дальней радио- и телесвязи была решена запуском спутников связи «Молния-1» и «Молния-2». В 1972 году вступило в силу Соглашение о создании международной системы космической связи «Интерспутник». В настоящее время странами-участницами этой организации являются НРБ, ВНР, ГДР, Куба, Монголия, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. Для охвата всей поверхности земного шара «Интерспутник» предусматривает комплексное применение спутников связи, имеющих круговую орбиту в экваториальной плоскости, и спутников, движущихся по эллиптическим орбитам.

Особое место в книге уделено проекту «Союз» — «Аполлон». В 1972 году между СССР и США было подписано Соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Чтобы повысить безопасность полета человека в космос и обеспечить успех интернациональных космических научных экспериментов, страны договорились о создании совместных средств сближения и стыковки космических кораблей и станций. Полет кораблей «Союз» и «Аполлон» доказал возможность сотрудничества в космосе. В книге рассказывается о трудностях, которые встретились при разработке проекта «Союз» — «Аполлон» — создание стыковочного узла принципиально новой конструкции, несовместимость атмосфер «Союза» и «Аполлона» и средств связи

между космическими кораблями и наземными центрами управления, а также языковые трудности и т. д. («Земля и Вселенная», № 6, 1973, стр. 14—20; № 2, 1974, стр. 13—17.— Ред.).

Успешное проведение совместного полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон» имело огромное значение для всего человечества. Этот полет еще раз продемонстрировал всему миру, что страны с различным социальным и экономическим строем могут успешно сотрудничать в самых различных областях науки и техники на благо мира и прогресса.

Международное сотрудничество в космических исследованиях продолжается. Сегодня важно широко популяризировать его достижения. И книга «Орбиты сотрудничества», красочно оформленная, с множеством фотографий, вполне отвечает поставленной задаче. Мы уверены, что она будет с интересом прочитана всеми, кто интересуется достижениями в изучении космического пространства.

А. П. ЗАХАРОВ,
Доктор физико-математических наук
Г. А. СКУРИДИН

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ВИЩА ШКОЛА»

Филиал издательства «Вища школа» при Львовском государственном университете в 1975 году выпустил на украинском языке книгу И. А. Климашина «Календарь природы и человека». Автор затрагивает в ней вопросы астрономии, хронологии, археологии, истории, этнографии и геофизики.

В книге подробно рассмотрены методы измерения времени, типы календарей и календарные эры. Рассказывается о календарях восточных славян, о календарных терминах (круг Солнца, круг Луны, вруделето, основа) и о календарных циклах и обрядах (коляды, купала и т. д.), которые частично сохранились до наших дней. На основе современных научных данных освещена проблема возраста Земли, звезд и галактик.

Автор приводит в книге и результаты собственных исследований, например, метода использования древней каменной обсерватории Стоунхендж («Земля и Вселенная», № 5, 1974, стр. 63—66.— Ред.), способа определения начальных эр путем решения диофантовых уравнений, исследования по истории культуры и быта восточных славян.

Книга написана живо и увлекательно, хорошо иллюстрирована. В приложениях есть вечный календарь (З. Эми) и вечный лунный календарь (И. Идельсона). Книга рассчитана на специалистов-астрономов, историков, учителей, пропагандистов научно-атеистических знаний и любителей астрономии.

Еще одно астрономическое издание на украинском языке выпустило в 1975 году Киевское издательство «Вища школа». Это — брошюра Е. В. Садаковой «Современные представления о строении Вселенной». Она посвящена результатам исследования космических тел (планет, астероидов, комет, Солнца, звезд, галактик, пульсаров и квазаров), а также



ОТВЕТЫ
ЭПРОСЫ
ТЕЛЕИ

методам, используемым астрономами при изучении небесных тел (оптические наблюдения, спектральные исследования, фотометрия, радионаблюдения и радиолокация). С помощью рисунков, графиков, формул и несложных расчетов объяснены основные физические термины и понятия, необходимые для изложения методов исследования небесных тел.

К недостаткам брошюры следует отнести ее перегруженность материалом. Из-за этого новейшие открытия астрономии освещены очень кратко: радиоастрономии уделено лишь две страницы, квазарам — одна, пульсарам — две. Автор напрасно обходит молчанием такие актуальные вопросы современной внегалактической астрономии, как расширение Метагалактики, реликтовое излучение, бесконечность и вечность Вселенной. А между тем эти вопросы и их идеологические аспекты очень важны в пропаганде естественнонаучных знаний.

Профессор
А. В. БУТКЕВИЧ

КАК БЫЛИ ОТКРЫТЫ ПЛАНЕТЫ

В книге Е. А. Гребеникова и Ю. А. Рябова «Поиски и открытия планет» («Наука», 1975) рассказывается об открытии Урана, Нептуна, Плутона, ряда спутников Юпитера и Сатурна, астероидов. О том, что это научно-популярная книга, читатель узнает уже из названия ее параграфов («Солнечная система в старых границах», «О законах планетарных движений», «Удачный поиск астрономами Вильяма Гершеля», «Первые загадки Урана», «Первые победы небесной механики. Проблема Урана решена!», «Урбан Жан Жозеф Леверье и открытие новой планеты», «Последнее действие драмы «Нептун» и др.). Шаг за шагом авторы вводят читателя в мир представлений, понятий и теорий небес-

ной механики, подробно останавливаясь на истории триумфальных открытий в области познания Солнечной системы и на характеристиках многих замечательных творцов науки. Заключительный параграф книги («Поиски новых планет и спутников») посвящен проблеме поисков «десятой планеты» и естественных спутников ряда планет, включая Землю и Луну. Книга доступна любителям астрономии.

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

В 1976 году издательство «Наука» выпустило книгу «Философские основания естественных наук». В книге рассматриваются актуальные проблемы диалектического материализма, философии естествознания, взаимодействия естественных наук (прежде всего, физики, химии, астрономии) и марксистской философии. Каждая из четырех частей книги содержит ряд статей, написанных известными советскими учеными. Среди авторов — академики П. Н. Федосеев, Б. М. Кедров, В. М. Глушков, А. Ю. Ишлинский, Н. Н. Семенов, В. А. Фок; доктора наук — А. Д. Урсул, В. С. Готт, Э. М. Чудинов, Л. Б. Баженов и ряд других.

Первая часть книги называется «Диалектический материализм — методологическая основа современного естествознания».

Вторая часть — «Теория, логика, методология»; третья — «Философские проблемы квантовой теории», четвертая — «Пространство, время, причинность».

Книга посвящена семидесятилетнему юбилею члена-корреспондента АН СССР Михаила Эразмовича Омеляновского — одного из ведущих советских специалистов в области философских проблем, обсуждаемых в книге.

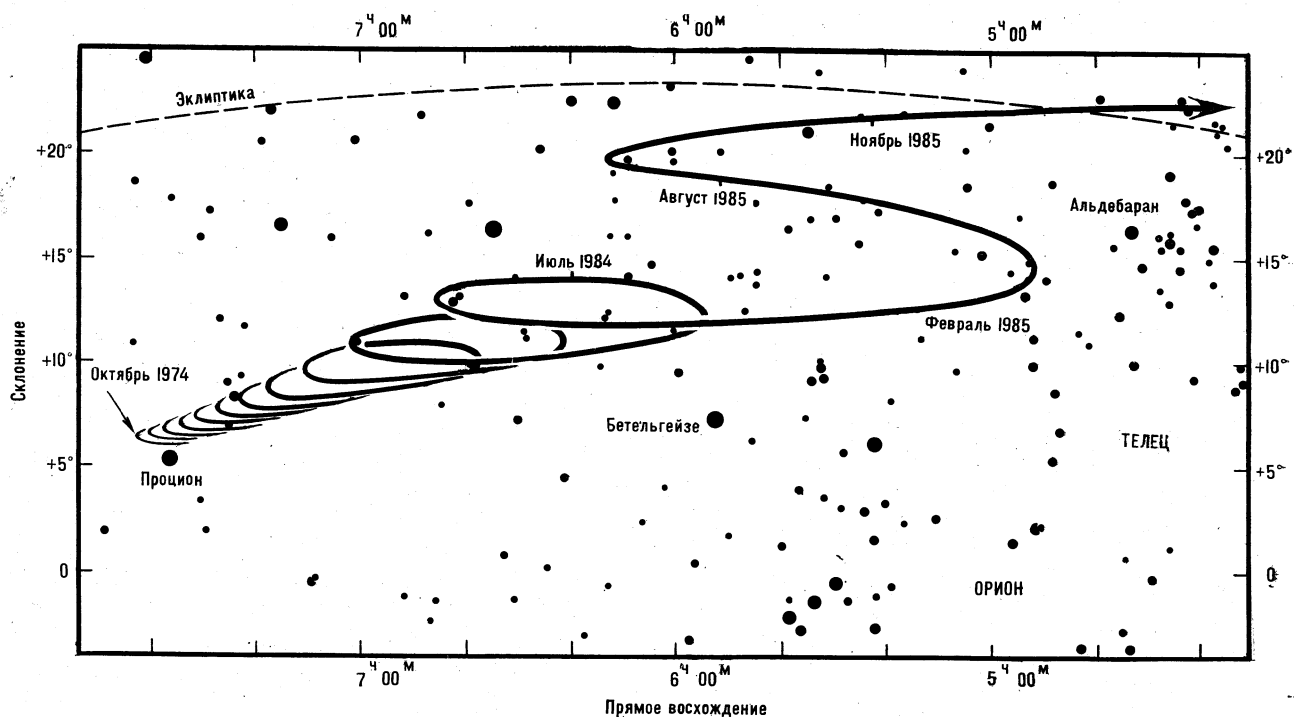
В книге Н. А. Морозова «Что может принести нам встреча с кометой» (М., 1910) рассказывается о магнитных и атмосферных явлениях, которые должны сопутствовать прохождению Земли через хвост кометы Галлея. Сбылись ли предсказания Н. А. Морозова!

М. КУДИНОВ (г. Новокузнецк)

По просьбе редакции на этот вопрос отвечает студент астрономического отделения Киевского государственного университета П. Т. ВЕЛЕЩУК.

Комета Галлея, пожалуй, самая знаменитая. Эдмунд Галлей, чье имя она носит, первым установил, что кометы, наблюдавшиеся в 1531 и 1607 годах, тождественны той, которую он сам видел в 1682 году. Галлей определил период ее обращения вокруг Солнца и предсказал возвращение кометы в 1759 году. И она появилась в 1759, затем в 1835 и 1910 годах.

С особым волнением ожидалось последнее возвращение кометы Галлея. Согласно расчетам П. Коуэлла и А. Кроммелина (Англия), около 18 мая 1910 года комета должна была располагаться относительно Солнца и Земли так, что ее хвост оказался бы направленным к нашей планете. Распространились слухи об опасности прохождения Земли сквозь хвост кометы. Известный народоволец и ученый Н. А. Морозов предполагал, что в это время будут наблюдаться свечение верхней атмосферы Земли, различные магнитные явления и процессы в атмосфере — бури, дожди и



др. Но его взгляды не разделялись большинством астрономов.

18 мая 1910 года Земля пересекла внешние части кометного хвоста. При этом минимальное расстояние между Землей и головой кометы Галлея составляло 30 млн. км (приблизительно в 80 раз больше расстояния до Луны), хвост кометы был направлен точно от Солнца и простирался почти на 100 млн. км. Однако никаких необычных явлений не было отмечено.

Предположения, высказанные Н. А. Морозовым, 65 лет назад не были столь удивительными, как сейчас. Ведь тогда еще не знали об исключительной разреженности кометных атмосфер и хвостов, ничего не было известно о магнитосфере Земли. Концентрация вещества в головах комет не превышает тысяч или сотен тысяч молекул в 1 см^3 (в хвостах в тысячи

раз меньше), что в миллионы раз меньше плотности земной атмосферы на высоте 150 км. Наша планета, защищенная магнитосферой, даже не почувствовала воздействия кометных газов. По современным представлениям, кометы также обладают магнитными полями, напряженность которых около 10^{-5} Э . Это недостаточно, чтобы вызвать самое слабое нарушение земного магнитного поля.

В 1910 году не было отмечено и какого-либо усиления метеорной активности. Связь между кометами и метеорами давно доказана, и не только тем, что метеорные потоки движутся по орбитам комет. В спектрах комет, пронесившихся вблизи поверхности Солнца (например, у кометы Икейя—Секи, 1965 VIII), обнаружены яркие линии железа, никеля, кобальта, натрия, кальция и других металлов. Это означает, что в ядрах и головах комет есть метеоритные массы и метеорные частицы, которые освобождаются в результате испарения кометных льдов. Однако метеорные частицы располагаются главным образом вдоль орбиты ядра, как показал еще в конце XIX века Ф. А.

Бредихин. Именно поэтому во время прохождения Земли через хвост кометы Галлея не наблюдалось заметного усиления численности метеоров.

Между тем известно, что комета Галлея — родоначальница двух метеорных потоков, движущихся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, близким к орбите самой кометы. Дважды в год — с 28 апреля по 5 мая и с 18 по 22 октября, когда Земля в своем движении вокруг Солнца приближается к орбите кометы, эти метеорные рои встречаются с нашей планетой. И тогда наблюдается увеличение числа метеоров, радианты которых расположены, соответственно, в созвездиях Водолея и Ориона (потоки так и называются Гамма-Аквариды и Ориониды).

Пока еще нельзя с уверенностью сказать, повторится или нет прохождение Земли через хвост кометы Галлея во время ее очередного появления в 1986 году. Орбита кометы известна приблизительно, и уточнить ее смогут лишь в 1984 году, когда комета станет доступна телескопическим наблюдениям. Тогда же можно будет узнать, что произошло с ко-

Видимый путь кометы Галлея среди звезд в 1974—1985 годах. Петли, которые в своем движении комета делает ежегодно, — результат орбитального движения Земли. Эти петли становятся все больше и больше, по мере того как комета приближается к нам

ЛУННАЯ ПЫЛЬ И ЗЕМНОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ

Среди множества гипотез, объясняющих причины оледенения на Земле, есть и такие, в которых рассматривается прохождение Солнца через полосу чрезвычайно плотной межзвездной пыли.

Астроном У. Х. Маккри из Сассексского университета (Англия) установил, что расположение «пылевых полос» в космосе можно считать причиной ритмичности ледниковых эпох с интервалом около 100 млн. лет. Подтверждение подобным гипотезам обнаружили Дж. Ф. Линдси (Институт морских наук при Университете штата Техас, Галвестон) и Л. Дж. Срика (Институт наук о Луне, Хьюстон) в результате изучения образцов лунных пород, доставленных экипажами космических кораблей «Аполлон».

Очень убедительно выглядит колонка лунного грунта, взятая экипажем «Аполлона-15». В ней отчетливо наблюдаются три циклично повторяющихся слоя космической пыли с интервалами, отвечающими циклам Маккри. Стратиграфические исследования показывают, что размеры и массы пылевых частиц могут также служить подтверждением цикличности их отложения на Луне.

В ходе анализа Дж. Линдси и Л. Дж. Срика сперва выявили количество и массу частиц в лунном грунте, возникших на поверхности в результате бомбардировки Луны микрометеоритами с диаметром от 44 до 177 мкм, то есть космической пыли. Это позволило определить существующий ныне уровень интенсивности такой бомбардировки. Затем они провели сопоставление с данными об аналогичных процессах в отдаленном прошлом, запечатленном в более глубоких слоях образцов лунного грунта.

Хотя точно коррелировать возраст или время выпадения пыли с глубиной залегания слоя затруднительно, ученым все же удалось зарегистрировать три равных по длительности периода увеличения интенсивности пылеобразования, отделенных друг от друга примерно на 100–200 млн. лет.

«Science News, 108, 20, 1975.



метой в далеком Космосе за 75 лет ее «отсутствия», как изменился ее блеск, характеризующий запасы замороженных газов.

К возвращению кометы Галлея астрономы уже готовятся. В США начата разработка специальных аппаратов, которые должны будут встретить и исследовать комету.

Рисунки заимствованы из журнала «Sky and Telescope», 49, 6, 1975.

Голова кометы Галлея. Снимок получен 28 мая 1910 года на 30-дюймовом рефлекторе Хелланской обсерватории

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ, Ответственный секретарь кандидат педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOB, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ.

Адрес редакции: 117049, Москва В-49, Марононский пер., д. 26. тел. 237-59-93, 237-02-67

Художественный редактор: Л. Я. Шимкина

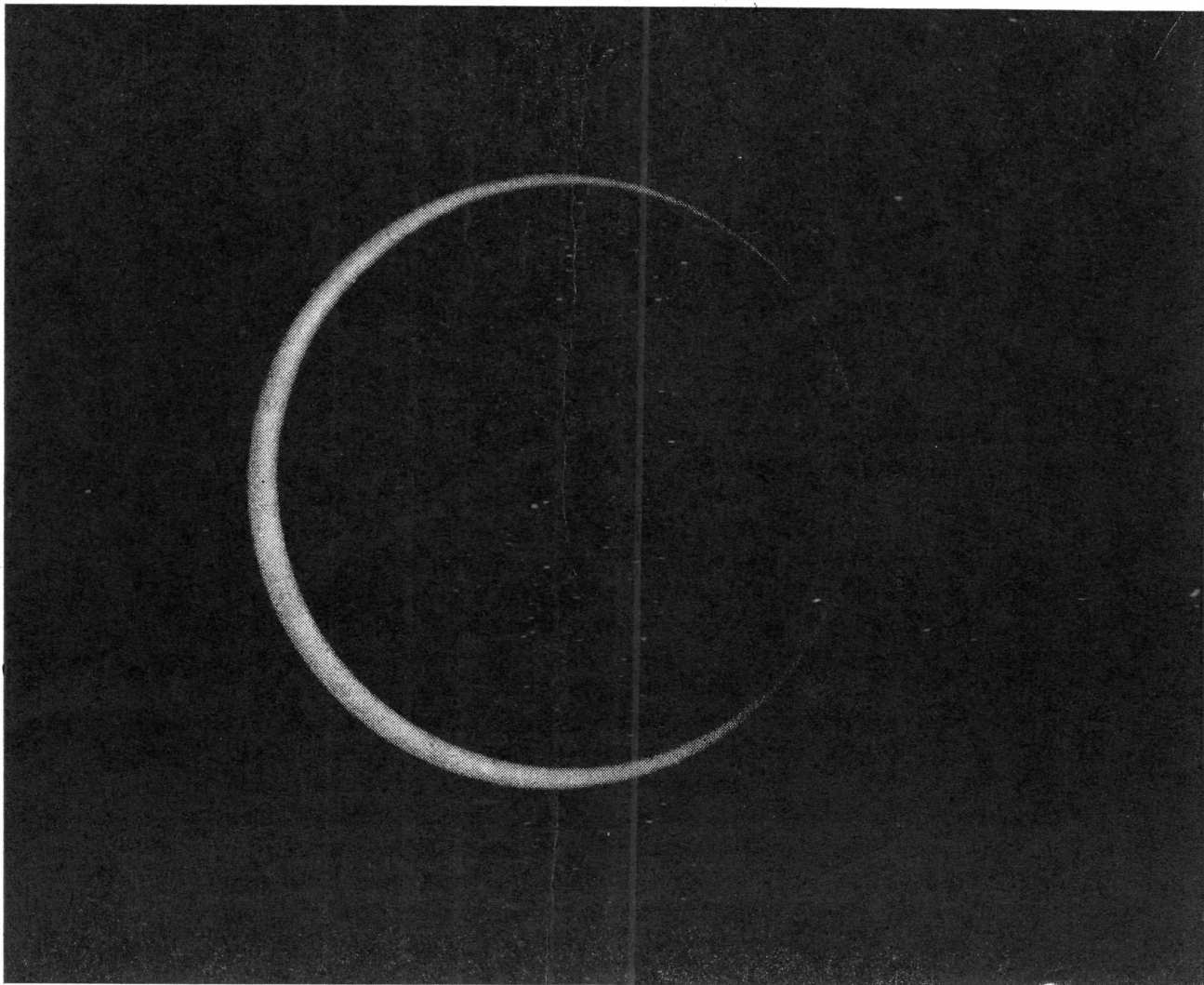
Корректоры: С. М. Веритэ, Т. Н. Морозова

Номер оформили: М. С. Баландин, Е. К. Верентинова, Т. А. Григорьева, А. Г. Калашникова, Ю. Д. Каледин, В. И. Кноп, В. В. Ловчук, Л. С. Новиков, Н. В. Новикова

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

T-15236. Подписано в печать 24/VIII 1976 г. Сдано в набор 28/V 1976 г. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Бум. л. 3,0. Печ. л. 10,08. Уч.-изд. л. 9,8. Цена 40 коп. Тираж 50 000 экз. Заказ 679.

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



Снимок кольцеобразной фазы солнечного затмения получил 29 апреля 1976 года кандидат физико-математических наук К. И. Чурюмов. Он сфотографировал затмение камерой с телеобъективом МТО-1000. В поселке Вановском, расположенном недалеко от Ашхабада, затмение началось в 13 часов 18 минут 6 секунд по московскому времени. В этот момент Луна «коснулась» западного края солнечного диска. В 14 часов 50 минут 31 секунду

через нейтральный светофильтр было хорошо видно почти симметричное светящееся кольцо. Кольцеобразная фаза затмения продолжалась 3 минуты 44 секунды, а все затмение — около трех часов.

Кольцеобразные солнечные затмения позволяют решить ряд важных научных задач. Например, уточнить теорию движения Луны, исследовать неравномерность вращения Земли. Только при кольцеобразном солнечном затмении удастся запе-

чатлеть полный профиль краевой зоны Луны, что имеет большое значение для исследования формы лунного диска. Наблюдая кольцеобразную фазу из разных пунктов земной поверхности, можно определить расстояния между ними, не прибегая к классическому триангуляционному методу. Комплексные наблюдения кольцеобразного солнечного затмения дадут новые сведения и о самом Солнце



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 40 КОП
ИНДЕКС 70336